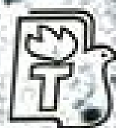
KHOA HỌC KHÁM PHÁ

STEPHEN HAWKING

và LEONARD MLODINOW

The Grand Design

Bản thiết kế vĩ đại



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

STEPHEN HAWKING& LEONARD MLODINOW

BẢN THIẾT KẾVĨ ĐẠI

TRẦN NGHIÊM dịch

1 - Bí ẩn của sự tồn tại

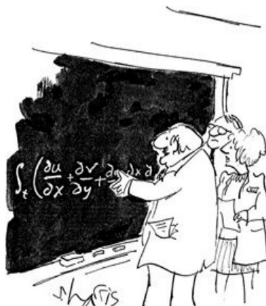
Mỗi người chúng ta tồn tại nhưng chỉ tồn tại trong một thời gian ngắn, và trong thời gian đó chúng ta khám phá nhưng chỉ khámphámộtphầnnhỏcủatoànbộvũtrụ. Nhưngconngười vốn là giống loài hiếu kì. Chúng ta muốn biết, và chúng ta đi tìm những câu trả lời. Sống trong thế giới rộng lớn đã phân chia thành thiện và ác này, và săm soi vào bầu trời bát ngát phía trên đầu, con người luôn luôn nghi vấn biết bao nhiêu câu hỏi: Làm thế nào chúng ta có thể tìm hiểu thế giới mà chúng ta tìm thấy bản thân mình trong đó? Vũ trụ hành xử như thế nào? Bản chất của thực tại là gì?

Tất cả những cái này từ đâu mà có? Vũ trụ có cần một đấng sáng tạo không? Đa số chúng ta không mất nhiều thời gian trong quãng đời mình để lo ngại về những câu hỏi này, nhưng hầu như tất cả chúng ta đều lo ngại về chúng vào lúc này hay lúc khác.

Thường thì đây là những câu hỏi dành cho triết học, nhưng triết học không còn sinh sôi nữa. Triết học không đuổi kịp các phát triển hiện đại trong khoa học, đặc biệt là vật lí học. Các nhà khoa học đã trở thành những người cầm đuốc khám phá trong công cuộc đi tìm tri thức của chúng ta. Mục đích của cuốn sách này là đưa ra những câu trả lời mà những khám phá và tiến bộ lí thuyết gần đây đề xuất. Chúng dẫn chúng ta đến với một bức tranh mới của vũ trụ và vai trò của chúng ta trong đó rất khác với vai trò truyền thống xưa nay và thậm chí còn khác với bức tranh mà chúng ta đã có thể vẽ ra cách đây một hoặc hai thập kỉ trước. Tuy nhiên, những phác họa đầu tiên của quan điểm mới đó về vũ trụ có thể lần ngược dòng lịch sử về cách nay gần một thế kỉ trước.

Theo quan niệm truyền thống của vũ trụ, các vật thể chuyển động trên những lộ trình rõ ràng và có lịch sử xác định. Chúng ta có thể chỉ rõ vị trí chính xác của chúng tại mỗi thời điểm trong thời gian. Mặc dù mô tả đó đủ thành công cho những mục đích hàng ngày, nhưng vào thập niên 1920, người ta nhận ra rằng bức tranh "cổ điển" này không thể nào mô tả cho hành trạng có vẻ kì quái quan sát thấy ở cấp bậc nguyên tử và hạ nguyên tử của sự tồn tại. Thay vào đó, điều cần thiết là thừa nhận một khuôn khổ khác, gọi là vật lí lượng tử.

Các lí thuyết lượng tử hóa ra hết sức chính xác trong việc tiên đoán các sự kiện ở những cấp bậc đó, đồng thời còn tái dựng các tiên đoán của các lí thuyết cổ điển cũ kĩ khi áp dụng cho thế giới vĩ mô của cuộc sống hàng ngày. Nhưng vật lí lượng tử và vật lí cổ điển xây dựng trên những quan niệm rất khác nhau của thực tại vật chất.



"... Và đó là triết lí của tôi"

Các lí thuyết lượng tử có thể thiết lập theo nhiều cách khác nhau, nhưng cái có lẽ là mô tả trực quan nhất mang lại bởi Richard (Dick) Feynman, một nhân vật đa tài làm việc tại Viện Công nghệ California và là một tay trống bongo cừ khôi. Theo Feynman, một hệ không chỉ có một lịch sử mà có mọi lịch sử khả dĩ. Khi chúng ta đi tìm những câu trả lời của mình, chúng ta sẽ giải thích cách tiếp cận của Feynman một cách chi tiết, và dùng nó để khảo sát quan điểm cho rằng vũ trụ tự nó không có một lịch sử đơn nhất, thậm chí không có một sự tồn tại độc lập. Điều đó có vẻ như một ý tưởng triệt để, thậm chí với nhiều nhà vật lí. Thật vậy, giống như nhiều quan điểm trong khoa học ngày nay, nó có vẻ như vi phạm giác quan thông thường. Nhưng giác quan thông thường dựa trên kinh nghiệm hàng ngày, chứ không dựa trên vũ trụ như nó hé lộ qua các thành tựu của công nghệ như các thành tựu cho phép chúng ta săm soi vào thế giới nguyên tử hoặc nhìn ngược về vũ trụ sơ khai.

Cho đến khi ra đời vật lí học hiện đại, người ta thường nghĩ rằng toàn bộ kiến thức về thế giới có thể thu được qua sự quan sát trực tiếp, rằng mọi thứ là cái như chúng trông như vậy, như được cảm nhận qua các giác quan của chúng ta. Nhưng sự thành công ngoạn mục của vật lí học hiện đại, nền khoa học xây dựng trên các quan niệm như quan niệm của Feynman xung đột với kinh nghiệm hàng ngày, chứng tỏ rằng suy nghĩ như thế là chưa đúng. Cái nhìn chất phác như thế của thực tại, do đó, không tương thích với vật lí học hiện

đại. Để xử lí những nghịch lí như vậy, chúng ta sẽ chấp nhận một phương pháp ta gọi là thuyết duy thực phụ thuộc mô hình. Nó xây dựng trên quan niệm cho rằng não của chúng ta giải mã tín hiệu thu vào bởi các cơ quan cảm giác của chúng ta bằng cách tạo ra một mô hình của thế giới. Khi một mô hình như vậy thành công ở việc giải thích các sự kiện, chúng ta có xu hướng gán cho nó, và cho các bộ phận và khái niệm cấu thành nên nó, chất lượng của thực tại hay sự thật tuyệt đối. Nhưng có thể có những phương pháp khác trong đó người ta có thể lập mô hình tình huống vật lí giống như vậy, với mỗi mô hình sử dụng các bộ phận và khái niệm cơ bản khác nhau. Nếu hai lí thuyết hay hai mô hình vật lí như vậy tiên đoán chính xác những sự kiện như nhau, thì người ta không thể nói mô hình này thực tế hơn mô hình kia; thay vào đó, chúng ta tùy ý sử dụng mô hình nào tiện lợi nhất đối với mình.

Trong lịch sử khoa học, chúng ta đã và đang khám phá ra một chuỗi những lí thuyết hay mô hình ngày một tốt hơn, từ Plato đến lí thuyết Newton cổ điển đến các lí thuyết vật lí hiện đại. Liệu chuỗi khám phá này cuối cùng có đạt tới một điểm kết, một lí thuyết tối hậu của vũ trụ, lí thuyết sẽ bao gồm hết các lực và tiên đoán mọi quan sát mà chúng ta có thể thực hiện, hay là chúng ta sẽ tiếp tục tìm thấy những lí thuyết tốt hơn nữa mãi mãi, và không bao giờ có một lí thuyết nào mà không thể nào cải tiến thêm nữa? Cho đến nay, chúng ta chưa có một câu trả lời dứt khoát cho câu hỏi này, nhưng hiện tại chúng ta đã có một ứng cử viên cho lí thuyết tối hậu của mọi thứ, nếu thật sự một lí thuyết như vậy có tồn tại, gọi là lí thuyết M. Lí thuyết M là mô hình duy nhất có mọi tính chất mà chúng ta nghĩ lí thuyết tối hậu sẽ phải có, và nó là lí thuyết mà phần lớn nội dung thảo luận của chúng ta ở phần sau xây dựng trên đó.

Lí thuyết M không phải là một lí thuyết theo ý nghĩa thông thường. Nó là cả một họ gồm những lí thuyết khác nhau, mỗi một lí thuyết đó là một mô tả tốt của những quan sát chỉ trong một chừng mực nào đó của các tình huống vật lí.

Nó có chút gì đó giống như một tấm bản đồ. Như ai cũng biết, người ta không thể nào thể hiện toàn bộ bề mặt của trái đất trên một tấm bản đồ. Phép chiếu Mercator bình thường dùng cho bản đồ thế giới tạo ra những vùng trông mỗi lúc một lớn hơn ở xa về phía bắc và phía nam, nhưng không bao quát Cực Bắc và Cực Nam. Để lập bản đồ đầy đủ của toàn bộ trái đất, người

ta phải sử dụng một tập hợp bản đồ, mỗi bản đồ bao quát một khu vực hạn chế. Các bản đồ chồng lên nhau, và ở nơi chúng chồng lên nhau, chúng thể hiện diện mạo giống như nhau. Lí thuyết M tương tự như vậy. Những lí thuyết khác nhau trong họ hàng lí thuyết M có thể trông rất khác nhau, nhưng chúng đều có thể xem là những khía cạnh của cùng một lí thuyết cơ sở. Chúng là các phiên bản của lí thuyết chỉ có khả năng áp dụng trong những ngưỡng hạn chế - thí dụ, khi những đại lượng nhất định, như năng lượng, là nhỏ. Giống như các tấm bản đồ chồng lên nhau trong phép chiếu Mercator, nơi các vùng thuộc những phiên bản khác nhau chồng lấn, chúng tiên đoán các hiện tượng giống như nhau. Nhưng giống hệt như việc không có tấm bản đồ phẳng nào là đại diện tốt cho toàn bộ bề mặt của trái đất, không có một lí thuyết đơn lẻ nào là đại diện tốt của các quan sát trong mọi tình huống.



Bản đồ **thế giới**. Có thể cần đến một loạt những lí thuyết chồng lấn lên nhau để thể hiện vũ trụ, giống hệt như việc cần có nhiều tấm bản đồ chồng lên nhau để thể hiện toàn bộ bề mặt trái đất.

Chúng ta sẽ mô tả lí thuyết M có thể mang lại những câu trả lời như thế nào cho câu hỏi sáng tạo. Theo lí thuyết M, vũ trụ của chúng ta không phải là vũ trụ duy nhất. Thay vào đó, lí thuyết M tiên đoán rằng có rất nhiều vũ trụ đã sinh ra từ trống rỗng. Sự sáng tạo của chúng không đòi hỏi sự can thiệp của một thế lực siêu nhiên hay thần thánh nào hết. Thay vào đó, các đa vũ trụ này phát sinh tự nhiên từ quy luật vật lí. Chúng là một dự đoán của khoa học. Mỗi vũ trụ có nhiều lịch sử khả dĩ và nhiều trạng thái khả dĩ ở những thời điểm sau này, nghĩa là ở những thời điểm như hiện nay, đã lâu sau sự sáng tạo của chúng. Đa số những trạng thái này sẽ có chút không giống với vũ trụ mà chúng ta quan sát thấy và khá không thích hợp cho sự tồn tại của bất kì dạng thức sống nào. Chỉ rất rất ít vũ trụ sẽ cho phép những loài sinh vật như chúng ta tồn tại mà thôi. Vì thế, sự có mặt của chúng ta chọn ra từ vô số những vũ

trụ này chỉ những vũ trụ có khả năng tương thích với sự tồn tại của chúng ta. Mặc dù loài người chúng ta nhỏ bé và yếu đuối ở cấp bậc vũ trụ, nhưng chính điều này mang lại cho chúng ta cảm giác mình là những vị vua của tạo hóa.

Để tìm hiểu vũ trụ ở cấp độ sâu sắc nhất, chúng ta cần phải biết không những vũ trụ hành xử *như thế nào*, mà còn phải hiểu *tạ i sao* nữa.

Tạ i sao lạ i có cái gì đ ó chứ chẳ ng phả i hư vô cả ?

Tạ i sao chúng ta tồ n tạ i?

Tạ i sao lạ i là tậ p hợ p nhữ ng quy luậ t đặ c biệ t này chứ chẳ ng phả i nhữ ng quy luậ t nào khác?

Đây là Câu hỏi Tối hậu của Cuộc sống, Vũ trụ, và Mọi thứ. Chúng ta sẽ cố gắng trả lời nó trong quyển sách này. Không giống như câu trả lời có trong cuốn *Tìm hiể u Thiên hà* của Hitchhiker, câu trả lời của chúng ta sẽ không đơn giản là “42”.



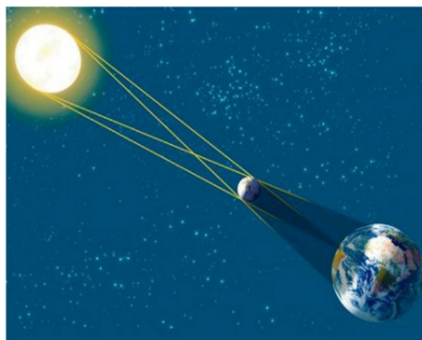
2 - Vai trò của quy luật

Chú sói Skoll xua *đ* u*ổ* i M*ặ* t tr*ă* ng Cho *đế* n khi chú bay lên Khu r*ừ* ng *Đ* au bu*ồ* n Còn sói Hati, h*ọ* Hridvirnir Thì ráo ri*ế* t theo *đ* u*ổ* i M*ặ* t tr*ờ* i "Grimnismal" – Văn thơ Băng đảo cổ rong thần thoại của người Viking, Skoll và Hati săn đuổi mặt trời và mặt trăng. Khi hai con sói bắt gặp nhau, thì có một kì nhật Tnguyệtthực. Khihiệntượngnàyxảyra, mọingườitrêntráiđấtđổ xô đi cứu mặt trời hoặc mặt trăng bằng cách la hét càng ồn ào càng tốt nhằm xua đuổi lũ sói. Có những câu chuyện thần thoại na ná như vậy trong những nền văn hóa khác nhau. Nhưng sau một thời gian, người ta phải để ý thấy rằng mặt trời và mặt trăng sớm hiện ra khỏi pha nhật nguyệt thực, cho dù họ có chạy vòng quanh, la hét, và gõ tung mọi thứ lên hay không. Sau một thời gian, họ cũng phải để ý thấy rằng nhật nguyệt thực không chỉ xảy ra một cách ngẫu nhiên: Chúng xuất hiện đều đặn, với chu kì lặp lại hẳn hoi. Những chu kì lặp lại này dễ thấy nhất đối với hiện tượng nguyệt thực và đã cho phép những người Babylon cổ đại dự báo nguyệt thực khá chính xác mặc dù họ không nhận ra được rằng chúng có nguyên do là bởi trái đất chặn mất ánh sáng của mặt trời.

Nhật thực thì khó dự báo hơn vì chúng chỉ có thể trông thấy ở những dải hẹp trên trái đất rộng chừng 30 dặm thôi. Tuy nhiên, một khi đã hiểu thấu, thì rõ ràng chu kì nhật thực không phụ thuộc vào ý thích tùy hứng của các thế lực siêu nhiên, mà bị chi phối bởi những quy luật nào đó.

Bất chấp một số thành công buổi đầu trong việc dự đoán chuyển động của các thiên thể, đa số các sự kiện trong tự nhiên trước con mắt của tổ tiên chúng ta là không thể nào dự báo trước được. Núi lửa, động đất, bão tố, dịch bệnh, và móng chân mọc ngược vào trong dường như xảy ra mà chẳng có nguyên do rõ ràng hay chu kì lặp lại nào hết. Vào thời cổ đại, cái người ta tự nhiên nghĩ đến là quy các tác động dữ dội của tự nhiên cho một vị thần tinh nghịch hay những vị chúa trời ác tính. Các tai họa được xem là dấu hiệu của việc chúng ta đã làm điều gì đó xúc phạm đến chúa trời. Thí dụ, vào khoảng 8 năm 5600 tCN, núi lửa Mazama ở Oregon bùng nổ, gieo vãi đất đá và tro bụi trong nhiều năm, và dẫn tới nhiều năm mưa rào cuối cùng gây ngập miệng núi lửa ngày nay gọi là Hồ Miệng núi lửa. Những người thổ dân Klamath xứ Oregon có một truyền thuyết phù hợp chính xác với từng chi tiết địa chất của

sự kiện trên, nhưng thêm thắt một chút hư cấu với việc miêu tả một người là nguyên nhân gieo rắc tai ương. Tội lỗi của con người là người ta luôn có thể tìm ra những cách để tự khiển trách. Như truyền thuyết kể lại, Llao, chúa tể Địa ngục, đã phải lòng cô con gái xinh đẹp tuyệt trần của một thủ lĩnh Klamath. Cô gái cự tuyệt vị chúa tể, cho nên để trả thù, Llao muốn thiêu trụi xứ Klamath trong biển lửa. May thay, theo truyền thuyết, Skell, vị chúa tể Thiên đường, đã thương xót loài người và ra tay đấu sức với vị chúa tể cõi âm. Cuối cùng thì Llao bị thương và rơi trở vào trong ngọn Mazama, để lại một cái hố khổng lồ, và miệng hố ấy cuối cùng thì chứa đầy nước.



Nhật thực. Người xưa không biết nguyên nhân gây ra nhật thực, nhưng họ thật sự để ý đến sự xuất hiện có chu kì của chúng.

Sự thiếu hiểu biết trước các hiện tượng tự nhiên đã đưa những con người thời cổ đại phát minh ra thần thánh và tôn vinh các thế lực siêu nhiên trong mọi mặt đời sống của con người. Có các vị thần tình yêu và chiến tranh; thần mưa
9

và thần sấm; kể cả thần động đất và thần núi lửa. Khi các vị thần vui vẻ, thì loài người được hưởng thời tiết tốt, hòa bình, và không phải hứng chịu thảm họa thiên nhiên và bệnh tật. Khi các vị thần bực dọc, thì xảy ra hạn hán, chiến tranh, dịch hạch và các loại dịch bệnh. Vì mối quan hệ nhân quả trong tự nhiên không hiện rõ trước con mắt của họ, nên những vị thần này có vẻ thật bí hiểm, và loài người sống nhờ vào lòng nhân đức của họ. Nhưng với Thales xứ Miletus (khoảng 624 tCN – khoảng 546 tCN) , cách nay chừng 2600 năm trước, điều đó bắt đầu thay đổi. Quan điểm nảy sinh là tự nhiên tuân thủ những nguyên tắc phù hợp có thể hiểu được. Và vì thế bắt đầu quá trình lâu dài là thay thế quan niệm về thế giới thần thánh bằng quan niệm về một vũ trụ bị chi phối bởi các quy luật tự nhiên, và được tạo ra theo một bản thiết kế

mà một ngày nào đó chúng ta sẽ có thể đọc ra được.

Nhìn theo tiến trình lịch sử nhân loại, sự thẩm tra khoa học là một nỗ lực rất mới. Giống loài của chúng ta, *Homo sapiens*, có gốc gác ở vùng hạ Sahara thuộc châu Phi khoảng năm 200.000 tCN. Ngôn ngữ viết chỉ có niên đại khoảng năm 7000 tCN, là sản phẩm của các xã hội quần tụ xung quanh những khu vực trồng ngũ cốc. (Một số chữ khắc cổ thậm chí nói về khẩu phần bia hàng ngày cho phép đối với từng người dân) Những bản viết tay sớm nhất từ nền văn minh vĩ đại thuộc Hi Lạp cổ đại có niên đại vào thế kỉ thứ 9 tCN, nhưng đỉnh cao của nền văn minh đó, "thời kì cổ điển" , xuất hiện vài trăm năm sau đó, bắt đầu đâu đó trước năm 500 tCN. Theo Aristotle (384 tCN – 322 tCN) , khoảng thời gian đó Thales đã lần đầu tiên phát triển ý tưởng cho rằng thế giới là có thể hiểu được, rằng những thứ phức tạp diễn ra xung quanh chúng ta có thể giản lược thành những nguyên lí đơn giản hơn và giải thích được mà không cần viện dẫn những yếu tố hoang đường hoặc thần thánh.

Thales được sử sách ghi nhận là người đầu tiên dự báo nhật thực xảy ra vào năm 585 tCN, mặc dù độ chính xác lớn của cái ông dự đoán có khả năng chỉ là một sự may mắn tình cờ. Ông là một nhân vật không rõ ràng tung tích, vì ông chẳng để lại bản viết nào của riêng ông cả. Ngôi nhà của ông là một trong những trung tâm trí tuệ nằm trong một vùng gọi là Ionia, xứ xở thuộc địa của Hi Lạp, và có sức ảnh hưởng cuối cùng lan tỏa đến tận Thổ Nhĩ Kì và Italy ở phía tây xa xôi. Nền khoa học Ionia là một thành tựu được đánh dấu bởi sự say mê cao độ trong việc hé lộ các quy luật cơ bản nhằm giải thích các hiện tượng tự nhiên, một mốc son chói lọi trong lịch sử tư tưởng của loài người. Cách tiếp cận của họ là duy lí và trong nhiều trường hợp đưa đến những kết luận giống một cách bất ngờ với cái mà các phương pháp phức tạp hơn của chúng ta đưa chúng ta đến chỗ tin tưởng như ngày nay. Đó là một sự khởi đầu vĩ đại. Nhưng nhiều thế kỉ trôi qua, phần nhiều khoa học Ionia đã bị lãng quên – thỉnh thoảng đâu đó trong lịch sử, nó được khám phá trở lại hay phát minh ra trở lại.



Theo truyền thuyết, công thức toán học đầu tiên của cái ngày nay chúng ta gọi là một quy luật tự nhiên có từ một con người thời kì Ionia tên gọi là Pythagoras (khoảng 580 tCN – khoảng 490 tCN) , nhân vật nổi tiếng với định lí mang tên ông: bình phương cạnh huyền (cạnh dài nhất) của một tam giác vuông bằng tổng bình phương của hai cạnh còn lại. Sử sách kể rằng Pythagoras đã phát hiện ra mối liên hệ số học giữa chiều dài các sợi dây dùng trong các nhạc cụ và sự kết hợp hài hòa của âm thanh. Theo ngôn ngữ ngày nay, chúng ta sẽ mô tả mối liên hệ đó bằng cách nói rằng tần số – số dao động trong mỗi giây của một sợi dây dao động dưới một sức căng cố định tỉ lệ nghịch với chiều dài của sợi dây. Từ quan điểm thực tiễn, điều này lí giải vì sao đàn ghita bass phải có dây dài hơn đàn ghita thường. Pythagoras có lẽ không thật sự phát hiện ra điều này – và có lẽ ông cũng chẳng khám phá ra định lí mang tên ông – nhưng có bằng chứng cho thấy vào thời đại của ông, người ta đã biết tới một số liên hệ giữa chiều dài dây nhạc cụ và phách. Nếu đúng như vậy thì người ta có thể gọi công thức toán học đơn giản đó là thí dụ đầu tiên của cái ngày nay chúng ta gọi là vật lí lí thuyết.

Ionia. Các học giả ở Ionia cổ đại nằm trong số những người đầu tiên lí giải các hiện tượng tự nhiên qua các quy luật của tự nhiên thay vì dựa trên thần thánh.

Ngoài định luật dây đàn của Pythagoras ra, những định luật vật lí duy nhất được biết chính xác đối với người cổ đại là ba định luật được mô tả chi tiết bởi Archimedes (khoảng 287 tCN – khoảng 212 tCN) , nhà vật lí lỗi lạc nhất thời cổ đại. Theo thuật ngữ ngày nay thì định luật đòn bẩy lí giải rằng những lực nhỏ có thể nâng những đối trọng lớn vì đòn bẩy khuếch đại lực theo tỉ số của hai khoảng cách đến điểm tựa của đòn bẩy. Định luật sự nổi phát biểu rằng mọi vật nhúng trong một chất lỏng sẽ chịu một lực hướng lên bằng với trọng lượng của phần chất lỏng bị chiếm chỗ. Và định luật phản xạ ánh sáng

thừa nhận rằng góc hợp giữa một chùm ánh sáng và gương bằng với góc hợp giữa gương và chùm tia phản xạ. Nhưng Archimedes không gọi chúng là những định luật, ông cũng không lí giải chúng theo kiểu liên hệ với sự quan sát và đo đạc.

Thay vì thế, ông xem chúng như thể chúng là những định lí thuần túy toán học, trong một hệ tiên đề giống hệt như cái Euclid sáng tạo cho bộ môn hình học.

Khi hệ tư tưởng Ionia lan rộng, ở Ionia xuất hiện những con người nhìn thấy vũ trụ có một trật tự bên trong, một trật tự có thể hiểu được thông qua quan sát và lí giải. Anaximander (khoảng 610 tCN – khoảng 546 tCN) , một người bạn và có lẽ là học trò của Thales, cho rằng vì con người lúc mới sinh ra không có khả năng tự tồn tại, cho nên nếu những con người đầu tiên bằng cách nào đó được mang đến trên trái đất lúc mới sơ sinh, thì loài người chẳng thể sống sót.

Trong cái có lẽ là sự nhận thức mơ hồ đầu tiên về sự tiến hóa của nhân loại, như Anaximander lí giải, loài người phải tiến hóa từ những loài động vật khác có con nhỏ mới sinh cứng cáp hơn. Ở Sicily, Empedocles (khoảng 490 tCN –

khoảng 430 tCN) đã quan sát công dụng của một thiết bị gọi là cái đồng hồ nước. Thỉnh thoảng được dùng làm môi múc nước, nó gồm một quả cầu có một cái cổ hở và những lỗ nhỏ dưới đáy. Khi dìm trong nước thì nước tràn đầy vào bên trong, và khi đó nếu như người ta đậy nắp cổ lại, thì có thể nâng đồng hồ nước lên mà nước bên trong không chảy ra ngoài. Empedocles để ý thấy nếu như bạn đậy nắp cổ lại trước khi dìm nó vào trong nước, thì nước không tràn vào bên trong đồng hồ nước được. Ông lí giải rằng một cái gì đó không nhìn thấy đã ngăn không cho nước tràn qua các lỗ nhỏ vào trong quả cầu – ông đã khám phá chất liệu ngày nay chúng ta gọi là không khí.

Cũng khoảng thời gian trên, Democritus (khoảng 460 tCN – khoảng 370 tCN) , quê xứ thuộc địa Ionia ở miền bắc Hi Lạp, thì suy nghĩ về cái xảy ra khi bạn đập vỡ hay cắt một vật thành từng mảnh. Ông cho rằng bạn không thể nào tiếp tục quá trình đó một cách vô hạn. Thay vào đó, ông cho rằng mọi thứ, kể cả mọi sinh vật sống, cấu tạo từ những hạt cơ bản không thể nào phân

tách hay chia nhỏ ra được nữa. Ông đặt tên cho những hạt vật chất tối hậu này là nguyên tử, theo từ nguyên Hi Lạp có nghĩa là “không thể chia cắt”. Democritus tin rằng mỗi hiện tượng vật chất là sản phẩm của sự va chạm của các nguyên tử. Theo quan điểm của ông, đặt tên là nguyên tử luận, tất cả các nguyên tử liên tục chuyển động trong không gian và, trừ khi có sự tác động, chúng chuyển động mãi mãi thẳng về phía trước. Ngày nay, quan điểm đó được gọi là định luật quán tính.

Quan điểm mang tính cách mạng cho rằng chúng ta là những cư dân bình thường của vũ trụ, chứ chẳng phải giống loài đặc biệt hiện hữu tại trung tâm của vũ trụ, lần đầu tiên được bảo vệ bởi Aristarchus (khoảng 310 tCN – khoảng 230 tCN) , một trong những nhà khoa học Ionia cuối cùng. Chỉ một trong những tính toán của ông còn sót lại, đó là một phân tích hình học phức tạp của những quan sát tỉ mĩ của ông về kích cỡ của cái bóng của Trái đất in lên trên mặt trăng trong một kì nguyệt thực. Ông kết luận từ số liệu của ông rằng Mặt trời phải lớn hơn rất nhiều so với Trái đất. Có lẽ lấy cảm hứng từ quan điểm cho rằng những vật thể nhỏ bé phải quay vòng xung quanh những vật thể đồ sộ chứ không thể nào khác đi, nên ông trở thành người đầu tiên cho rằng Trái đất không phải nằm tại trung tâm của hệ hành tinh của chúng ta, mà thay vào đó, nó và các hành tinh khác quay xung quanh mặt trời lớn hơn nhiều. Đó là một tiến bộ nhỏ từ sự nhận thức trái đất chỉ là một hành tinh bình thường cho đến quan điểm rằng mặt trời của chúng ta chẳng có gì đặc biệt hết. Aristarchus nghi ngờ vào điều này và ông tin rằng các ngôi sao mà chúng ta thấy trên bầu trời đêm thật ra chẳng là gì ngoài những mặt trời ở xa.

Quan niệm của người Ionia thuộc một trong nhiều trường phái triết học Hi Lạp cổ đại, mỗi trường phái có những truyền thống khác nhau và thường mâu thuẫn với nhau. Thật không may, quan điểm của người Ionia về tự nhiên – nó có thể giải thích qua những định luật tổng quát và giản luận thành một tập hợp những nguyên lí đơn giản – chỉ có sức ảnh hưởng mạnh trong vài ba thế kỉ.

Một lí do là các lí thuyết Ionia thường có vẻ không có chỗ dành cho khái niệm tự nguyện hoặc mục đích, hay quan niệm thần thánh can thiệp vào sự hoạt động của thế giới. Đây là những thiếu sót đáng chú ý khiến nhiều nhà tư tưởng Hi Lạp cũng như nhiều người ngày nay lo ngại. Nhà triết học Epicurus (341 – 270 tCN) , chẳng hạn, đã phản đối nguyên tử luận trên thực tế là “tốt

hơn nên tin tưởng vào thần thoại về các vị thần thay vì trở thành ‘nô lệ’ cho vận mệnh của các nhà triết học tự nhiên”. Aristotle cũng phản đối khái niệm nguyên tử vì ông không thể chấp nhận rằng con người sống cấu tạo từ những thứ vô tri vô giác, không có linh hồn. Quan niệm Ionia rằng vũ trụ không phải do con người làm chủ là một mốc son trong sự hiểu biết của chúng ta về vũ trụ, nhưng nó là một quan niệm bị người ta ruồng bỏ, và không thèm nhặt lại lần nữa, hay được chấp nhận rộng rãi, cho đến thời Galileo, gần hai mươi thế kỉ sau đó.

Một số suy đoán của chúng về bản chất vũ trụ thật sâu sắc, nhưng đa số quan điểm của người Hi Lạp cổ đại không giành được sự thuyết phục là nền khoa học hợp lí trong thời hiện đại. Trước hết, vì người Hi Lạp đã không phát minh ra phương pháp khoa học, các lí thuyết của họ không được phát triển với mục tiêu xác nhận bằng thực nghiệm. Cho nên, nếu một học giả khẳng định một nguyên tử chuyển động theo một đường thẳng cho đến khi nó va chạm với một nguyên tử thứ hai và một học giả khác khẳng định nó chuyển động theo một đường thẳng cho đến khi nó rơi vào con mắt hỏng của người khổng lồ một mắt [trong thần thoại Hi Lạp] , thì chẳng có cách nào để phân giải ai đúng ai sai.

Đồng thời, không có sự khác biệt nào giữa con người và các định luật vật lí.

Chẳng hạn, vào thế kỉ thứ năm tCN, Anaximander đã viết rằng vạn vật phát sinh từ một chất cơ bản, và trở về với nó, để chúng đừng “mang cái tốt đẹp và cái bất lợi đến cho tội lỗi của chúng”. Và theo nhà triết học Ionia, Heraclitus (khoảng 535 – 475 tCN) , mặt trời hành sự như thế vì nếu không thì thần công bằng sẽ bắn hạ nó xuống. Vài trăm năm sau đó, trường phái Stoic, một trường phái triết học Hi Lạp ra đời vào khoảng thế kỉ thứ ba tCN, thật sự đưa ra một sự khác biệt giữa những quy luật con người và các quy luật tự nhiên, nhưng chúng lại đưa những quy tắc làm người khi xem xét vạn vật – thí dụ như sự tôn sùng thần thánh và vâng lời cha mẹ – vào nhóm các quy luật tự nhiên. Ngược lại, chúng thường mô tả các quá trình vật lí theo ngôn từ luật pháp và tin rằng chúng cần phải được thúc ép, mặc dù các vật cần phải “tuân theo” những quy luật bất di bất dịch. Nếu bạn nghĩ rằng thật khó khiến người ta tuân thủ luật giao thông, thì hãy tưởng tượng việc thuyết phục một tiểu hành tinh chuyển động trong quỹ đạo hình elip thử xem.

Truyền thống này tiếp tục ảnh hưởng đến các nhà tư tưởng kế tục Hi Lạp nhiều thế kỉ sau đó. Vào đầu thế kỉ thứ 13, nhà triết lí Cơ đốc Thomas Aquinas (khoảng 1225 – 1274) đã chấp thuận quan điểm này và dùng nó để biện luận cho sự tồn tại của Chúa. Ông viết "Rõ ràng [những vật vô tri vô giác] đi tới sự kết thúc của chúng không phải bởi sự tình cờ, mà là có mục đích... Vì thế, có một nhân vật sáng suốt nào đó mà thông qua bàn tay của người mọi thứ trong tự nhiên đi theo trật tự đến sự kết thúc của nó". Đến tận thế kỉ thứ 16 sau này, nhà thiên văn vĩ đại người Đức Johannes Kepler (1571 – 1630) còn tin rằng các hành tinh có sự cảm thụ giác quan và tuân thủ có ý thức theo những quy luật chuyển động mà "trí tuệ" của chúng mách bảo.

Quan điểm rằng các quy luật tự nhiên phải được tuân thủ có ý thức phản ánh tiêu điểm quan tâm của người cổ đại về nguyên do *tạ i sao* vũ trụ hành xử như thế, thay vì lí giải nó hành xử *như thế nào*. Aristotle là một trong những người đề xướng hàng đầu cho cách tiếp cận như thế, ông bác bỏ quan điểm khoa học xây dựng có nguyên tắc dựa trên sự quan sát. Vào thời cổ đại, phép đo chính xác và tính toán toán học trong mọi trường hợp đều là khó. Kí hiệu cơ số 10 mà chúng ta thấy tiện lợi trong số học chỉ mới ra đời vào khoảng năm 700 khi người Hindu bước những sải chân vĩ đại đầu tiên hướng đến việc biến toán học thành một công cụ đầy năng lực. Kí hiệu cho phép cộng và phép trừ vẫn chưa xuất hiện, mãi cho đến thế kỉ 15. Và dấu bằng cũng như những chiếc đồng hồ có thể đo thời gian đến giây cũng không hề có trước thế kỉ 16.

Tuy nhiên, Aristotle không nhìn thấy những vấn đề trong đo đạc và tính toán là những trở ngại cho sự phát triển của một nền vật lí có thể mang đến những tiên đoán định lượng. Không những vậy, ông còn thấy không cần thiết phải làm như thế. Thay vào đó, Aristotle đã xây dựng nền vật lí của ông dựa trên những nguyên lí thu hút ông về mặt trí tuệ. Ông bỏ đi những thực tế mà ông thấy không hấp dẫn và tập trung sự nỗ lực của ông vào những nguyên do mà vạn vật xảy ra, với công sức tương đối ít đầu tư vào lí giải chi tiết cái gì đang xảy ra. Aristotle thật sự đã điều chỉnh những kết luận của ông khi sự mâu thuẫn hiển nhiên của chúng với quan sát là không thể bỏ qua được. Nhưng những điều chỉnh đó thường là những lí giải đặc biệt chẳng gì hơn là lấp liếm đi sự mâu thuẫn. Theo kiểu như thế, cho dù lí thuyết của ông có trệch bao nhiêu so với thực tại, ông luôn có thể điều chỉnh nó vừa đủ để loại bỏ sự mâu

thuẫn. Thí dụ, lí thuyết chuyển động của ông cho rằng những vật nặng rơi với tốc độ không đổi tỉ lệ với sức nặng của chúng. Để lí giải thực tế rõ ràng các vật có thể tăng tốc khi chúng rơi, ông đã phát minh ra một nguyên lí mới – rằng các vật hân hoan hơn, và vì thế tăng tốc, khi chúng càng đến gần chỗ nằm nghỉ tự nhiên của chúng, một nguyên lí ngày nay dường như là sự mô tả thông minh của những người nhất định chứ không phải của những vật vô tri vô giác. Mặc dù các lí thuyết của Aristotle thường có ít giá trị tiên đoán, nhưng cách tiếp cận khoa học của ông đã thống trị ở phương Tây trong hơn hai nghìn năm trời.

Những hậu duệ Cơ đốc của người Hi Lạp bác bỏ quan điểm cho rằng vũ trụ bị chi phối bởi những quy luật tự nhiên không khác gì nhau. Họ cũng bác bỏ quan điểm cho rằng con người không giữ vị trí độc tôn trong vũ trụ đó. Và mặc dù thời trung cổ không có một hệ triết lí kết hợp nào, nhưng diện mạo chung là vũ trụ là sân chơi của Chúa, và tôn giáo đáng để nghiên cứu hơn là các hiện tượng tự nhiên. Thật vậy, vào năm 1277, đức giám mục thành Paris, theo chỉ dụ của Giáo hoàng John XXI, đã công bố danh sách 219 sai lầm hay dị giáo phải kết án. Trong số những dị giáo đó là quan điểm rằng tự nhiên tuân theo các quy luật, vì điều này mâu thuẫn với quyền năng của Chúa. Thật thú vị là vài tháng sau đó, chính Giáo hoàng John đã qua đời vì tác dụng của lực hấp dẫn khi mái trần tòa lâu đài của ông đổ sập lên người ông.



“Nếu tôi học được cái gì đó trong triều đại lâu đời của mình, thì đó là nhiệt huyết đã dâng tràn”.

Quan niệm hiện đại về những quy luật tự nhiên xuất hiện vào thế kỉ 17.

Kepler dường như là nhà khoa học đầu tiên hiểu được khái niệm đó theo

nghĩa khoa học hiện đại, mặc dù như chúng ta đã nói, ông vẫn giữ quan điểm duy linh về những đối tượng vật chất. Galileo (1564 – 1642) không sử dụng khái niệm "quy luật" trong đa số các tác phẩm khoa học của ông (mặc dù nó xuất hiện trong một số bản dịch của những tác phẩm đó). Tuy nhiên, cho dù ông có dùng từ đó hay không, thì Galileo thật sự đã làm sáng tỏ rất nhiều quy luật và chủ trương những nguyên lí quan trọng rằng quan sát là cơ sở của khoa học và mục đích của khoa học là nghiên cứu mối liên hệ định lượng tồn tại giữa những hiện tượng vật chất. Nhưng người đầu tiên xác lập rõ ràng khái niệm các quy luật của tự nhiên như chúng ta hiểu chúng là René Descartes (1596 – 1650).

Descartes tin rằng mọi hiện tượng vật lí phải được giải thích theo sự va chạm của những khối lượng đang chuyển động, chúng bị chi phối bởi ba định luật – tiền thân của những định luật Newton nổi tiếng của chuyển động. Ông khăng khăng rằng những định luật tự nhiên đó có giá trị ở mọi nơi và mọi thời điểm, và phát biểu dứt khoát rằng sự tuân thủ những định luật này không có nghĩa là những vật đang chuyển động này có trí tuệ. Descartes còn hiểu tầm quan trọng của cái ngày nay chúng ta gọi là "các điều kiện ban đầu". Những điều kiện đó mô tả trạng thái của một hệ vào lúc bắt đầu của khoảng thời gian bất kì mà người ta tìm cách đưa ra những tiên đoán. Với một tập hợp những điều kiện ban đầu cho trước, các định luật của tự nhiên xác định một hệ sẽ tiến triển như thế nào theo thời gian, nhưng nếu không có một tập hợp đặc biệt của những điều kiện ban đầu thì sự tiến triển đó không thể nào định rõ được. Chẳng hạn, nếu lúc bắt đầu, một con chim bồ câu phía trên đầu chúng ta thả một cái gì đó ra, thì đường đi của vật đang rơi đó được xác định bởi các định luật Newton.

Nhưng kết cục sẽ rất khác nhau tùy thuộc vào lúc bắt đầu con bồ câu đó đang đậu trên đường dây điện thoại hay đang bay ngang qua với tốc độ 20 dặm mỗi giờ. Để áp dụng các định luật vật lí, người ta phải biết một hệ đã được bắt đầu như thế nào, hay ít nhất là trạng thái của nó tại một số thời điểm rõ ràng. (Người ta cũng có thể sử dụng các định luật để theo dõi một hệ ngược dòng thời gian)

Với quan điểm mới hồi sinh này về sự tồn tại của các định luật của tự nhiên xuất hiện cùng với những nỗ lực mới nhằm dung hòa những định luật đó với quan niệm về Chúa, theo Descartes, Chúa có thể làm thay đổi sự thật hay sự

dối trá của những tuyên bố đạo đức hoặc những định lí toán học, chứ không làm thay đổi tự nhiên. Ông tin rằng Chúa đã ban hành các định luật tự nhiên nhưng không hề có sự chọn lựa các định luật tự nhiên; thay vì thế, ông đưa ra chúng vì các định luật mà chúng ta trải nghiệm là những định luật khả dĩ duy nhất. Điều này trông như là đụng chạm đến quyền năng của Chúa, nhưng Descartes né tránh vấn đề đó bằng cách cho rằng các định luật đó là không thể thay đổi vì chúng là sự phản ánh của bản chất riêng tư của Chúa. Nếu điều đó là đúng, thì người ta có thể nghĩ rằng Chúa vẫn có sự lựa chọn sáng tạo ra những thế giới đa dạng, mỗi thế giới tương ứng với một tập hợp khác nhau của những điều kiện ban đầu, nhưng Descartes cũng phủ nhận điều này. Cho dù sự sắp xếp vật chất lúc bắt đầu vũ trụ là như thế nào đi nữa, ông tranh luận, thì theo thời gian một thế giới giống như thế giới của chúng ta sẽ tiến triển. Ngoài ra, Descartes cảm thấy, một khi Chúa đã đưa thế giới vào hoạt động, ngài để cho thế giới đó hoàn toàn tự tiến triển.

Một tình huống tương tự (với một vài ngoại lệ) cũng được Isaac Newton (1643 – 1727) tán thành. Newton là người đã giành được sự chấp thuận rộng rãi của khái niệm hiện đại về một định luật khoa học với ba định luật của ông về sự chuyển động và định luật vạn vật hấp dẫn, định luật giải thích quỹ đạo của trái đất, mặt trăng và các hành tinh, và giải thích những hiện tượng thí dụ như thủy triều. Một số phương trình do ông sáng tạo ra, và khuôn khổ toán học phức tạp mà chúng ta suy luận ra từ chúng, vẫn được giảng dạy ngày nay, và được sử dụng hễ khi nào một kiến trúc sư thiết kế một tòa nhà, một kĩ sư thiết kế một chiếc xe hơi, hay một nhà vật lí tính toán phương án phóng một tên lửa cho hạ cánh lên sao Hỏa. Như nhà thơ Giáo hoàng Alexander từng nói:

Tự nhiên và các quy luậ t tự nhiên ẩ n mình trong bóng đ êm: Chúa nói, Newton hãy xuấ t hiệ n! và mọ i thứ bừ ng sáng Ngày nay, đa số các nhà khoa học sẽ nói một định luật tự nhiên là một quy luật xây dựng trên sự sắp đặt mà người ta quan sát thấy và mang đến những tiên đoán vượt xa khỏi những tình huống dễ thấy trước cơ sở của nó. Thí dụ, chúng ta có thể để ý thấy mặt trời mọc ở phương đông mỗi ngày trong cuộc sống của mình, và đưa ra định luật "Mặt trời luôn mọc ở hướng đông". Đây là một sự khái quát hóa đã vượt ra khỏi những quan sát hạn chế của chúng ta về mặt trời mọc và đưa ra những tiên đoán có thể kiểm tra về tương lai. Mặt khác, một phát biểu

kiểu như “Máy vi tính trong phòng này có màu đen” không phải là một định luật của tự nhiên vì nó chỉ liên quan đến các máy vi tính trong phòng đó và không nêu ra tiên đoán nào đại loại như “Nếu phòng tôi mua thêm máy vi tính mới, nó sẽ có màu đen”.

Kiến thức hiện đại của chúng ta về thuật ngữ “định luật của tự nhiên” là một vấn đề mà các nhà triết học đã tranh cãi lâu nay, và nó là một câu hỏi tinh tế hơn cái ban đầu người ta nghĩ đến. Thí dụ, nhà triết học John W. Carroll đã so sánh câu phát biểu “Mọi quả cầu bằng vàng đều có đường kính dưới một dặm” với một phát biểu như “Mọi quả cầu bằng uranium-235 đều có đường kính dưới một dặm”. Các quan sát của chúng ta về thế giới cho chúng ta biết rằng không có quả cầu bằng vàng nào có bề rộng lớn hơn một dặm, và chúng ta có thể an tâm rằng sẽ không hề có quả cầu nào như vậy. Tuy nhiên, chúng ta không có lí do gì để tin rằng không thể có một quả cầu như vậy, và vì thế phát biểu trên không được xem là một định luật. Mặt khác, câu phát biểu “Mọi quả cầu bằng uranium-235 đều có đường kính dưới một dặm” có thể xem là một định luật của tự nhiên vì, theo cái chúng ta đã biết về vật lí hạt nhân, một khi một quả cầu uranium-235 phát triển đến đường kính lớn hơn khoảng 6 inch, thì nó sẽ tự phân hủy trong một vụ nổ hạt nhân. Vì thế, chúng ta có thể chắc chắn những quả cầu như thế là không hề tồn tại. (Chẳng phải ý tưởng hay ho gì nếu bạn muốn thử tạo ra một quả cầu như vậy!) Sự khác biệt này có ý nghĩa quan trọng vì nó làm sáng tỏ rằng không phải mọi sự khái quát hóa mà chúng ta quan sát thấy đều có thể xem là những định luật của tự nhiên, và đa số các định luật 18

của tự nhiên của tồn tại như là bộ phận của một hệ thống những định luật bao quát hơn, liên hệ chặt chẽ với nhau.

Trong khoa học hiện đại, các định luật của tự nhiên thường được diễn đạt theo nghĩa toán học. Chúng có thể là chính xác hoặc gần đúng, nhưng chúng phải được quan sát đúng mà không có ngoại lệ - nếu không phổ quát thì ít nhất phải đúng dưới một tập hợp quy ước gồm những điều kiện nhất định. Thí dụ, chúng ta biết các điều kiện Newton phải thay đổi nếu các vật chuyển động ở vận tốc gần bằng tốc độ ánh sáng. Nhưng chúng ta vẫn xem các định luật Newton là định luật vì chúng vẫn đúng, ít nhất là với sự gần đúng rất tuyệt vời, trong những điều kiện của thế giới hàng ngày, trong đó những tốc độ mà chúng ta gặp nhỏ hơn tốc độ ánh sáng rất nhiều lần.

Nếu tự nhiên bị chi phối bởi các định luật, thì ba câu hỏi sau đây sẽ phát sinh:

1. Nguồn gốc của những định luật đó là gì?

2. Có bất kì ngoại lệ nào đối với những định luật đó hay không?

3. Phải chăng chỉ có một tập hợp những định luật khả dĩ nhất định?

Những câu hỏi quan trọng này đã được xem xét với nhiều phương pháp khác nhau bởi các nhà khoa học, nhà triết học, và nhà thần học. Câu trả lời thường được nêu ra cho câu hỏi thứ nhất – câu trả lời của Kepler, Galileo, Descartes, và Newton – là những định luật trên là tác phẩm của Chúa. Tuy nhiên, đây chẳng gì hơn là một định nghĩa rằng Chúa là hiện thân của những định luật của tự nhiên. Trừ khi người ta phú cho Chúa một số đức tính khác nào đó, thí dụ như Chúa của kinh Cựu ước, việc viện dẫn Chúa cho hỏi thứ nhất đơn thuần là sự thay thế một bí ẩn này bằng một bí ẩn khác. Cho nên nếu chúng ta muốn đưa Chúa vào câu trả lời cho câu hỏi thứ nhất, thì rắc rối thật sự phát sinh với câu hỏi thứ hai: Liệu có ngoại lệ hay điều thần kì nào với các định luật hay không?

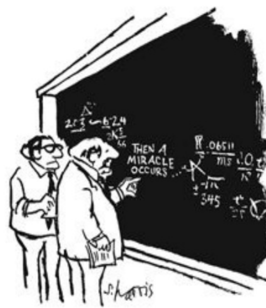
Những quan điểm trả lời cho câu hỏi thứ hai bị phân chia sâu sắc. Plato và Aristotle, những tác gia Hi Lạp cổ đại có sức ảnh hưởng nhất, cho rằng có thể chẳng có ngoại lệ nào đối với các định luật. Nhưng nếu người ta nhìn theo quan điểm Kinh thánh, thì Chúa không những sáng tạo ra các định luật mà còn được những người cầu nguyện khẩn khoản mang lại những ngoại lệ - mong chữa hết chứng bệnh vô phương cứu chữa, mong hạn hán mau chấm dứt, hoặc hồi sinh môn croquet là một môn thể thao Olympic. Ngược lại quan điểm của Descartes, hầu như mọi nhà tư tưởng Cơ đốc giáo đều giữ quan điểm rằng Chúa có khả năng hoãn các định luật để thực hiện điều thần kì. Ngay cả Newton cũng tin vào một sự thần kì kiểu như thế. Ông nghĩ rằng quỹ đạo của các hành tinh là không bền vì lực hút hấp dẫn của hành tinh này đối với hành tia kia sẽ gây ra sự nhiễu loạn quỹ đạo lớn dần theo thời gian và kết quả là các hành tinh sẽ rơi vào mặt trời hoặc bay ra khỏi hệ mặt trời. Ông tin rằng Chúa phải đảm đương việc lập lại quỹ đạo, hay "thổi gió giám sát thiên thể, đưa nó vào ổn định". Tuy nhiên, Pierre Simon, hầu tước Laplace (1749 – 1827) , thường được gọi là Laplace, cho rằng những nhiễu loạn đó là đều đặn, nghĩa là được đánh dấu bởi những chu kì lặp lại, chứ không tích tụ. Vì thế, hệ

mặt trời sẽ tự thiết lập lại, và không cần một sự can thiệp thần thánh nào để giải thích vì sao nó tồn tại cho đến ngày nay.

Laplace được biết đến với vinh dự là người đầu tiên đề xuất rõ ràng thuyết quyết định luận khoa học: Cho biết trạng thái của vũ trụ tại một thời điểm, một tập hợp đầy đủ các định luật sẽ xác định trọn vẹn cả tương lai lẫn quá khứ của nó. Điều này sẽ loại trừ khả năng thần kì hay một vai trò tích cực cho Chúa. Thuyết quyết định luận khoa học mà Laplace thiết lập là câu trả lời của các nhà khoa học hiện đại cho câu hỏi thứ hai. Trên thực tế, nó là cơ sở của mọi ngành khoa học hiện đại, và là một nguyên lí quan trọng trong suốt tập sách này. Một định luật khoa học không phải là một định luật khoa học nếu nó chỉ đúng khi một số thế lực siêu nhiên quyết định không can thiệp. Ghi nhận điều này, người ta đồn rằng Napoleon từng hỏi Laplace rằng Chúa sẽ có mặt như thế nào trong bức tranh này. Laplace trả lời rằng: “Thưa ngài, tôi không cần đến giả thuyết đó”.

Vì con người sống trong vũ trụ và tương tác với những vật thể bên trong nó, nên thuyết quyết định luận khoa học cũng đúng đối với con người. Tuy nhiên, nhiều người trong khi chấp nhận rằng thuyết quyết định luận chi phối các định luật vật lí, nhưng họ nghĩ với hành vi con người là ngoại lệ, vì theo họ chúng ta có ý thức. Descartes, chẳng hạn, để bảo vệ quan điểm ý thức, cho rằng trí tuệ con người là cái gì đó khác với thế giới vật chất và không tuân theo các định luật của nó. Theo quan điểm của ông, một con người gồm có hai thành phần, một cơ thể và một linh hồn. Cơ thể chẳng khác gì những máy móc bình thường, nhưng linh hồn thì không phải là đối tượng của định luật khoa học.

Descartes rất quan tâm đến giải phẫu và sinh lí học, và ông xem một cơ quan nhỏ xíu tại trung tâm của bộ não, gọi là tuyến quả thông, là nơi trú ngụ của linh hồn. Ông tin rằng tuyến đó là nơi mà mọi suy nghĩ của chúng ta hình thành, là giếng nguồn ý thức của chúng ta.



“Tôi nghĩ ngài nên rõ ràng hơn ở đây trong bước hai”.

Con người có ý thức hay không? Nếu chúng ta có ý thức, thì trong cây tiến hóa, nó đã phát triển ở chỗ nào? Tảo lục-lam hoặc vi khuẩn có ý thức không, hay hành vi của chúng là tự động và nằm trong phạm vi của quy luật khoa học? Có phải chỉ những sinh vật đa bào mới có ý thức, hay chỉ có ở loài thú thôi? Chúng ta có thể nghĩ rằng một con tinh tinh đang rèn luyện tư duy khi nó chọn nhai một quả chuối, hoặc một con mèo khi nó cào rách sofa nhà bạn, nhưng còn một loài sâu có tên gọi là *Caenorhabditis elegans* – một sinh vật đơn giản cấu tạo chỉ từ 959 tế bào – thì sao? Có lẽ nó chưa bao giờ suy nghĩ, “Đó là con vi khuẩn hương vị quá tệ mà ta từng xơi ở đó” , nhưng nó cũng có một sự ưa chuộng rõ ràng về thức ăn và nó sẽ hoặc là cố nuốt bữa ăn chẳng ngon lành gì đó, hoặc đấu tranh đi tìm cái tốt hơn, tùy thuộc vào kinh nghiệm gần nhất của nó. Đó có phải là bài tập ý thức không?

Mặc dù chúng ta cảm thấy rằng chúng ta có thể chọn lấy cái mình làm, nhưng kiến thức của chúng ta về cơ sở sinh học phân tử cho thấy các quá trình sinh học bị chi phối bởi những định luật vật lí và hóa học, và do đó được xác định giống như quỹ đạo của các hành tinh. Những thí nghiệm gần đây về khoa học thần kinh ủng hộ quan điểm rằng chính não bộ vật chất của chúng ta, tuân theo những định luật khoa học đã biết, xác định hành động của chúng ta, chứ không phải những tác dụng nào nằm ngoài những định luật đó. Thí dụ, một nghiên cứu về những bệnh nhân trải qua phẫu thuật não nhận thức tìm thấy rằng bằng cách kích thích điện những vùng thích hợp của não, người ta có thể tạo ra ở người bệnh niềm mong muốn cử động cánh tay, bàn tay, hoặc bàn chân, hoặc cử động lưỡi và nói chuyện. Thật khó mà tưởng tượng ý thức có thể hoạt động như thế nào nếu hành vi của chúng ta được xác định bởi quy luật vật lí, vì thế chúng ta dường như chẳng gì hơn là những cỗ máy sinh học

và ý thức chỉ là một ảo giác.

Trong khi thừa nhận rằng hành vi con người thật sự được xác định bởi các quy luật của tự nhiên, cái cũng có vẻ hợp lí là hãy kết luận rằng kết cục được xác định theo một kiểu phức tạp và với quá nhiều biến cho nên không thể nào dự đoán trên thực tế. Vì như thế người ta sẽ cần phải biết trạng thái ban đầu của mỗi một trong hàng nghìn nghìn nghìn tỉ tỉ phân tử trong cơ thể con người và đi giải ngần ấy số phương trình. Công việc đó sẽ mất vài ba tỉ năm, vậy là đã khá muộn cho chú vịt trời khi mà người thợ săn đã ngắm nòng súng săn rồi.

Vì việc sử dụng các định luật vật lí cơ bản để dự đoán hành vi con người là phi thực tế, nên chúng ta chấp nhận cái gọi là lí thuyết tác dụng. Trong vật lí học, một lí thuyết tác dụng là một khuôn khổ được tạo ra để lập mô hình những hiện tượng nhất định đã quan sát thấy mà không mô tả chi tiết mọi quá trình cơ sở ẩn đằng sau. Thí dụ, chúng ta không thể giải chính xác những phương trình chi phối tương tác hấp dẫn của mỗi nguyên tử trong cơ thể một con người với mỗi nguyên tử trong trái đất. Nhưng trong mọi mục đích thực tế, lực hấp dẫn giữa một người và trái đất có thể được mô tả theo chỉ vài ba con số, thí dụ như khối lượng tổng cộng của người đó. Tương tự như vậy, chúng ta không thể giải những phương trình chi phối hành trạng của những nguyên tử và phân tử phức tạp, nhưng chúng ta đã phát triển một lí thuyết tác dụng gọi là hóa học cung cấp lời giải thích đầy đủ của cách thức các nguyên tử và phân tử hành xử trong những phản ứng hóa học mà không tính đến từng chi tiết của những tương tác.

Trong trường hợp con người, vì chúng ta không thể giải những phương trình xác định hành vi của chúng ta, cho nên chúng ta sử dụng lí thuyết tác dụng rằng con người có ý thức. Nghiên cứu ý thức của chúng ta, và nghiên cứu hành vi phát sinh từ nó, là nhiệm vụ của khoa học tâm lí học. Ngành kinh tế học cũng có một lí thuyết tác dụng, dựa trên quan điểm ý thức cộng với giả thiết rằng con người đánh giá những kiểu hành động của mình và chọn ra cái tốt nhất. Lí thuyết tác dụng đó chỉ thành công khiêm tốn trong việc dự đoán hành vi vì, như chúng ta đều biết, các quyết định thường không dựa trên lí trí hoặc dựa trên sự phân tích thiếu sót của những hệ quả của sự chọn lựa đó. Đó là nguyên do vì sao thế giới lại hỗn loạn như thế.

Câu hỏi thứ ba là vấn đề các định luật xác định vũ trụ và hành vi con người có là một hay không. Nếu câu trả lời của bạn cho câu hỏi thứ nhất là Chúa đã sáng tạo ra các định luật, thì câu hỏi này bật ra là Chúa có bất kì sự ưu tiên nào trong việc chọn lựa chúng hay không? Cả Aristotle và Plato đều tin, giống như Descartes và Einstein sau này, rằng các nguyên lí của tự nhiên tồn tại bên ngoài “cái tất yếu” , nghĩa là vì chúng chỉ là những nguyên tắc mang lại ý nghĩa lôgic. Do niềm tin của ông vào nguồn gốc lôgic của các định luật của tự nhiên, nên Aristotle và những người ủng hộ ông cảm thấy rằng người ta có thể “suy ra” những định luật đó mà không phải đặt nhiều chú ý xem tự nhiên thật ra hành xử như thế nào. Niềm tin đó, và sự tập trung lí giải vì sao vạn vật tuân theo các quy luật thay vì đi tìm bản chất của các quy luật, khiến ông định tính các quy luật chủ yếu thường là không đúng, và trong mọi trường hợp không tỏ ra hữu ích cho lắm, mặc dù chúng thật sự thống trị tư duy khoa học trong nhiều thế kỉ. Mãi rất muộn sau này thì những người như Galileo mới dám thách thức uy lực của Aristotle và quan sát xem tự nhiên thật sự đã làm gì, thay vì thuần túy “lí giải” vì sao nó phải hành xử như thế.

Quyển sách này bén rễ trong khái niệm quyết định luận khoa học, hàm ý rằng câu trả lời cho câu hỏi thứ hai là không có phép thần kì, hay các ngoại lệ đối với các quy luật của tự nhiên. Tuy nhiên, chúng ta sẽ trở lại giải đáp những câu hỏi sâu sắc thứ nhất và thứ ba, vấn đề các định luật đã phát sinh như thế nào và chúng có là những định luật khả dĩ hay không. Nhưng trước hết, trong chương tiếp theo, chúng ta sẽ xem xét vấn đề các định luật tự nhiên mô tả cái gì. Đa số các nhà khoa học sẽ nói rằng chúng là sự phản ánh toán học của một thực tại bên ngoài tồn tại độc lập với người quan sát. Nhưng khi chúng ta cân nhắc cách thức chúng ta quan sát và hình thành những khái niệm về những cái xung quanh chúng ta, thì chúng ta vấp phải câu hỏi, chúng ta thật sự có lí do để tin rằng thực tại khách quan tồn tại hay không?



3 - Thực tại là gì

Vài năm trước đây, hội đồng thành phố Monza, Italy, đã cấm những người nuôi cá vàng giữ cá trong những cái bình cong. Họ lí giải rằng thật là tàn nhẫn nếu nuôi cá trong một cái bình cong, vì nếu như thế, khi nhìn ra ngoài, con cá sẽ có cái nhìn méo mó về thực tại.

Nhưng làm thế nào chúng ta biết được rằng chúng ta đã có bức tranh đúng, không hề méo mó, của thực tại? Có lẽ bản thân chúng ta cũng đang ở bên trong một cái bể cá cong to lớn nào đó và tầm nhìn của chúng ta cũng bị méo mó bởi một thấu kính khổng lồ nào đó thôi? Bức tranh thực tại của con cá vàng thì khác với bức tranh thực tại của chúng ta, nhưng chúng ta có thể đảm bảo rằng nó kém thực tế hơn hay không?

Cái nhìn của con cá vàng không giống với cái nhìn của chúng ta, nhưng con cá vàng vẫn có thể thiết lập những định luật khoa học chi phối sự chuyển động của những vật thể mà chúng thấy trong cái bể của chúng. Thí dụ, do sự méo ảnh, một vật đang chuyển động tự do mà chúng ta thấy đi theo đường thẳng thì con cá sẽ thấy đi theo đường cong. Tuy nhiên, con cá có thể thiết lập những định luật khoa học từ hệ quy chiếu méo mó của chúng luôn luôn đúng và cho phép chúng đưa ra những tiên đoán về chuyển động tương lai của những vật thể bên trong bể. Các định luật của chúng sẽ phức tạp hơn các định luật trong hệ quy chiếu của chúng ta, nhưng tính đơn giản là tùy thuộc vị giác của từng người. Nếu con cá vàng thiết lập được một định luật như thế, thì chúng ta phải thừa nhận rằng cái nhìn của con cá vàng là một bức tranh có giá trị của thực tại.

Một thí dụ nổi tiếng của những bức tranh khác nhau của thực tại là mô hình mà Ptolemy (khoảng 85 – 165) đưa ra vào khoảng năm 150 để mô tả chuyển động của các thiên thể. Ptolemy công bố nghiên cứu của ông trong một chuyên luận dài 13 tập sách thường được biết đến với cái tên Arab của nó là *Almagest*. *Almagest* bắt đầu với việc lí giải những nguyên do mà người ta nghĩ trái đất có dạng hình cầu, đứng yên, nằm tại trung tâm của vũ trụ, và nhỏ đáng kể so với kích cỡ của bầu trời. Bất chấp mô hình nhật tâm của Aristachus, niềm tin này đã ăn sâu vào giới học thức Hi Lạp ít nhất là kể từ thời Aristotle, người tin vì những lí do bí ẩn rằng trái đất phải nằm tại trung

tâm của vũ trụ. Trong mô hình của Ptolemy, trái đất đứng yên tại trung tâm, và các hành tinh và ngôi sao thì chuyển động xung quanh nó trong những quỹ đạo phức tạp theo những vòng ngoại luân, giống như các bánh xe lồng trong bánh xe.



Vũ trụ quan Ptolemy. Theo quan niệm của Ptolemy, chúng ta sống tại trung tâm của vũ trụ.

Mô hình trông có vẻ tự nhiên vì chúng ta không cảm nhận rằng trái đất dưới chân mình đang di chuyển (trừ lúc động đất hoặc những thời khắc đau buồn). Nền học thuật châu Âu sau này dựa trên các tài nguyên Hi Lạp đã thành tựu, cho nên quan niệm của Aristotle và Ptolemy đã trở thành cơ sở cho nhiều tư tưởng phương Tây. Mô hình vũ trụ của Ptolemy được Giáo hội chấp thuận và xem là một học thuyết chính thống trong 14 thế kỉ ròng. Cho đến năm 1543, thì một mô hình khác mới được Copernicus nêu ra trong tác phẩm của ông *Về sự chuyể n độ ng củ a các quả cầ u thiên thể*, xuất bản sau khi ông qua đời đúng một năm (mặc dù ông đã nghiên cứu lí thuyết của mình trong hàng thập kỉ rồi).

Copernicus, giống như Aristachus hồi 17 thế kỉ trước đó, mô tả một thế giới trong đó mặt trời tĩnh tại và các hành tinh quay xung quanh nó trong những quỹ đạo tròn. Mặc dù quan niệm như thế không có gì mới, nhưng sự trở lại của nó đã vấp phải sự trở ngại khủng khiếp. Mô hình Copernicus bị cho là trái với Kinh thánh, người ta cho rằng quyển kinh giảng giải rằng các hành tinh chuyển động xung quanh trái đất, mặc dù Kinh thánh chưa bao giờ phát biểu rõ ràng như thế. Thật ra, lúc Kinh thánh ra đời, người ta tin rằng trái đất có dạng phẳng.

Mô hình Copernicus đã dẫn tới một cuộc tranh luận khốc liệt rằng trái đất có đứng yên hay không, mà đỉnh điểm là những thử nghiệm của Galileo bị quy kết là dị giáo vào năm 1633 vì sự biện hộ cho mô hình Copernicus. Ông bị kết án, bị quản thúc tại nhà trong suốt quãng đời còn lại, và bị buộc phải rút lại các phát biểu. Ông ta đồn rằng ông vẫn lẩm bẩm nhỏ rằng “Dù sao thì nó vẫn quay”. Năm 1992, Giáo hội La Mã cuối cùng đã thừa nhận việc kết án đối với Galileo là không đúng.

Vậy thì hệ thống nào đúng, hệ Ptolemy hay hệ Copernicus? Mặc dù không ít người đã nói rằng Copernicus đã chứng tỏ Ptolemy sai, nhưng điều đó không đúng. Như trong trường hợp thế giới quan bình thường của chúng ta so với thế giới quan của con cá vàng, người ta có thể sử dụng bức tranh nào làm mô hình của vũ trụ cũng được, vì những quan sát bầu trời của chúng ta có thể giải thích bằng cách giả định trái đất hoặc mặt trời đứng yên. Không kể đến vai trò của nó trong những cuộc tranh cãi triết lí về bản chất của vũ trụ của chúng ta, ưu điểm thật sự của hệ thống Copernicus đơn giản là ở chỗ các phương trình chuyển động sẽ đơn giản hơn nhiều trong hệ quy chiếu trong đó mặt trời đứng yên.

Một loại thực tại khác nữa xuất hiện trong bộ phim khoa học viễn tưởng *Ma trậ n*, trong đó loài người đang sống một cách không ý thức trong một thực tại ảo mô phỏng tạo ra bởi những máy tính thông minh để giữ cho họ hòa bình và thịnh vượng trong khi các máy tính hút lấy năng lượng sinh điện của họ. Có lẽ điều này không cường điệu lắm, vì nhiều người vẫn thích tiêu tốn thời gian vào những thế giới thực tại ảo mô phỏng như trò Second Life. Làm thế nào chúng ta biết được mình không phải là những nhân vật trong một vở kịch do máy tính tạo ra? Nếu chúng ta sống trong một thế giới tưởng tượng tổng hợp, thì những sự kiện không nhất thiết phải có lôgic hay phù hợp hoặc tuân theo bất kì quy luật nào. Những giống loài thông minh nắm quyền kiểm soát có thể thấy thú vị hoặc buồn cười khi thấy những phản ứng của chúng ta, thí dụ, nếu mặt trăng bị tách ra làm đôi, hoặc mọi người trong thế giới ăn kiêng phát triển một sự thèm muốn không cưỡng nổi trước món bánh kem chuối. Nhưng nếu những giống loài đó thật sự ép phải tuân thủ các định luật phù hợp, thì chúng ta không có cách nào nói được có một thực tại nào khác nằm sau thực tại mô phỏng đó hay không. Người ta sẽ dễ dàng gọi thế giới mà những giống loài đó đang sinh sống là thế giới “thực” và thế giới tổng

hợp là thế giới “ảo”. Nhưng nếu – giống 27 như chúng ta – những sinh vật đang sống trong thế giới mô phỏng không thể nhìn vào vũ trụ của chúng từ bên ngoài, thì sẽ không có lí do gì cho chúng bức tranh riêng của chúng về thực tại. Đây là một phiên bản hiện đại của quan niệm cho rằng chúng ta đều là sự tưởng tượng trong giấc mơ của một người nào đó.



Những thí dụ này mang chúng ta đến với một kết quả sẽ quan trọng trong tập sách này: *Không có quan niệm độc lập hình ảnh hay độc lập lí thuyết của thực tại*. Thay vào đó, chúng ta sẽ chấp nhận một quan niệm mà chúng ta sẽ gọi là thuyết hiện thực phụ thuộc mô hình: quan niệm rằng một lí thuyết vật lí hay một bức tranh thế giới là một mô hình (thường có bản chất toán học) và một tập hợp những quy tắc kết nối những thành phần của mô hình đó với các quan sát.

Từ đây mang lại một khuôn khổ để lí giải khoa học hiện đại.

Các nhà triết học từ Plato trở về sau đã tranh cãi nhiều năm về bản chất của thực tại. Khoa học cổ điển xây dựng trên niềm tin rằng có tồn tại một thế giới thực bên ngoài có những tính chất rạch ròi và độc lập với nhà quan sát là người cảm nhận chúng. Theo khoa học cổ điển, những vật nhất định tồn tại và có những tính chất vật lí, thí dụ như khối lượng và tốc độ, có những giá trị xác định. Theo quan điểm này, các lí thuyết của chúng ta cố gắng mô tả những vật thể đó và những tính chất của chúng, và những phép đo và sự cảm nhận của chúng ta tương ứng với chúng. Cả nhà quan sát và cái được quan sát là những bộ phận của thế giới có sự tồn tại khách quan, và mọi sự khác biệt giữa chúng không có tầm quan trọng ý nghĩa nào hết. Nói cách khác, nếu bạn nhìn thấy một bầy ngựa vằn đang tranh nhau chỗ đứng trong nhà đỗ xe thì đó

là vì thật sự có một bầy ngựa vằn đang tranh nhau chỗ đứng trong nhà đỗ xe. Tất cả những nhà quan sát khác nhìn vào cũng sẽ đo được những tính chất giống như vậy, và bầy ngựa sẽ có những tính chất đó cho dù người quan sát có nhìn vào chúng hay không. Trong triết học, niềm tin đó được gọi là chủ nghĩa duy thực.

Mặc dù chủ nghĩa duy thực có lẽ là một quan điểm hấp dẫn, nhưng như chúng ta sẽ thấy sau này, cái chúng ta biết về vật lí hiện đại gây ra một cái khó để mà ủng hộ. Thí dụ, theo các nguyên lí của cơ học lượng tử, đó là mô tả chính xác của tự nhiên, một hạt không có một vị trí xác định cũng không có một vận tốc xác định trừ khi và cho đến khi những đại lượng đó được đo bởi một nhà quan sát. Vì thế, sẽ *không* đúng nếu nói rằng một phép đo cho một kết quả nhất định vì đại lượng đang được đo có giá trị đó tại thời điểm của phép đo. Thật vậy, trong một số trường hợp, từng vật thể thậm chí không có sự tồn tại độc lập mà chỉ tồn tại như một bộ phận thuộc một tập hợp nhiều vật thể. Và nếu một lí thuyết gọi là nguyên lí toàn kí tỏ ra chính xác, thì chúng ta và thế giới bốn chiều của chúng ta có lẽ là những cái bóng trên ranh giới của một không-thời gian năm chiều, to lớn hơn. Trong trường hợp đó, vai trò của chúng ta trong vũ trụ tương tự như trường hợp con cá vàng mà thôi.

Những người theo thuyết duy thực cực đoan thường cho rằng bằng chứng rằng các lí thuyết khoa học biểu diễn cho thực tại nằm ở sự thành công của chúng. Nhưng những lí thuyết khác nhau có thể mô tả thành công những hiện tượng giống nhau qua những khuôn khổ khái niệm không giống nhau. Thật vậy, nhiều lí thuyết khoa học đã từng tỏ ra thành công sau này bị thay thế bởi lí thuyết khác, những lí thuyết thành công không kém xây dựng trên những khái niệm hoàn toàn mới của thực tại.

Thông thường, những người không tán thành chủ nghĩa duy thực được gọi là người theo chủ nghĩa phản duy thực. Những người theo chủ nghĩa phản duy thực giả định một sự khác biệt giữa kiến thức theo kinh nghiệm và kiến thức lí thuyết. Họ thường cho rằng quan sát và thí nghiệm là có ý nghĩa nhưng những lí thuyết đó chẳng gì hơn là những công cụ hữu ích không thể hiện bất kì sự thật sâu sắc nào tiềm ẩn dưới hiện tượng đã quan sát. Một số người theo chủ nghĩa phản duy thực còn muốn ràng buộc khoa học với những cái có thể quan sát thấy. Vì lí do đó, nhiều người vào thế kỉ 19 đã bác bỏ quan niệm

nguyên tử trên những cơ sở mà chúng ta chưa bao giờ thấy. George Berkeley (1685 – 1753) thậm chí còn tiến xa đến mức phát biểu rằng không có gì tồn tại ngoài trí tuệ và các ý tưởng của nó. Khi một người bạn nhận xét với tác giả và nhà biên soạn từ điển người Anh, tiến sĩ Samuel Johnson (1709 – 1784) , rằng khẳng định của Berkeley không thể bác bỏ được, người ta nói Johnson đã phản ứng lại với hành động đi trên một tảng đá lớn, đá vào nó và tuyên bố "Tôi bác bỏ nó vầy nè". Tất nhiên, cái đau mà tiến sĩ Johnson nhận lãnh tại bàn chân của ông cũng là ý nghĩ trong đầu của ông, vì thế ông không thật sự bác bỏ quan điểm của Berkeley. Nhưng hành động của ông thật sự minh họa cho quan điểm của nhà triết học David Hume (1711 – 1776) , người đã viết rằng mặc dù chúng ta không có cơ sở lí trí nào để tin vào một thực tại khách quan, nhưng chúng ta cũng không có sự lựa chọn nào khác để hành động nếu điều đó là đúng.



Chủ nghĩa duy thực phụ thuộc mô hình đã tránh né được toàn bộ lập luận và tranh luận này giữa trường phái duy thực và phản duy thực.

"Cả hai ngài đều có điểm chung. Tiến sĩ Davis thì phát hiện ra một hạt không ai từng nhìn thấy, còn giáo sư Higbe thì phát hiện ra một thiên hà không ai từng nhìn thấy".

Theo thuyết duy thực phụ thuộc mô hình, thật vô nghĩa lí nếu hỏi một mô hình là có thật hay không, hay chỉ vì nó phù hợp với quan sát mà thôi. Nếu có hai mô hình đều phù hợp với quan sát, giống như bức tranh của con cá vàng và của chúng ta, thì người ta không thể nói mô hình nào thực tế hơn mô hình nào.

Người ta có thể sử dụng mô hình nào tiện lợi hơn trong tình huống đang xem xét. Thí dụ, nếu một người ở bên trong bể cong, thì bức tranh của con cá vàng sẽ là có ích, nhưng với những ai ở bên ngoài, sẽ rất rối rắm nếu mô tả những

sự kiện từ một thiên hà xa xôi trong hệ quy chiếu của một cái bể cong trên trái đất, nhất là vì cái bể đó sẽ đang chuyển động khi trái đất quay xung quanh mặt trời và quay xung quanh trục của nó.

Chúng ta đưa ra các mô hình trong khoa học, nhưng chúng ta cũng đưa ra chúng trong cuộc sống hàng ngày. Thuyết duy thực phụ thuộc mô hình không chỉ áp dụng cho các mô hình khoa học mà còn áp dụng cho những mô hình ý thức sáng suốt và tiềm thức mà chúng ta sáng tạo ra để lí giải và tìm hiểu thế giới hàng ngày. Không có cách nào loại bỏ nhà quan sát – chúng ta – ra khỏi sự cảm nhận thế giới của chúng ta, nó được tạo ra qua sự xử lí cảm giác của chúng ta và qua cách chúng ta suy nghĩ và lí giải. Sự cảm nhận của chúng ta – và do đó, những quan sát mà lí thuyết của chúng ta xây dựng trên đó – là không phải trực tiếp, mà nó được định hình qua một loại thấu kính, cấu trúc trình diễn của não người của chúng ta.

Thuyết duy thực phụ thuộc mô hình tương ứng với cách chúng ta cảm nhận các vật. Trong sự nhìn, não người nhận một loạt tín hiệu truyền xuống dây thần kinh thị giác. Những tín hiệu đó không cấu thành nên dạng hình ảnh mà bạn thu được trên truyền hình nhà mình. Có một điểm mù nơi dây thần kinh thị giác gắn với võng mạc, và phần duy nhất trong trường nhìn của bạn có độ phân giải tốt là một vùng hẹp khoảng chừng 1 độ góc thị giác xung quanh tâm võng mạc, một vùng có bề rộng bằng ngón tay cái khi võng mạc có chiều dài bằng cánh tay. Và vì thế dữ liệu thô gửi lên não là giống như một bức tranh gàn dở với một cái lỗ bên trong nó. May thay, não người xử lí dữ liệu đó, kết hợp tín hiệu vào từ cả hai mắt, lấp đầy những khoảng trống trên giả định rằng tính chất thị giác của những vùng lân cận là tương tự và có tính nội suy. Ngoài ra, nó đọc một ma trận dữ liệu hai chiều từ võng mạc và tạo ra từ đó ấn tượng của không gian ba chiều. Nói cách khác, não bộ đã xây dựng một bức tranh tinh thần, hay một mô hình.

Não xây dựng mô hình tốt đến mức nếu một người đeo kính làm hình ảnh trong mắt họ bị lộn ngược, thì não của họ, sau một thời gian, thay đổi mô hình sao cho một lần nữa họ lại nhìn thấy mọi thứ đúng chiều. Nếu sau đó gỡ kính mắt đi, họ sẽ nhìn thấy thế giới lộn ngược trong khoảnh khắc, sau đó thì thích ứng trở lại. Điều này cho thấy ý nghĩa khi người nào đó nói "Tôi nhìn thấy cái ghế" thì đơn thuần là người đó đã sử dụng ánh sáng tán xạ bởi cái ghế để dựng nên một hình ảnh tinh thần hay một mô hình của cái ghế. Nếu

mô hình bị lộn ngược, thì với não của người may mắn sẽ hiệu chỉnh nó trước khi người đó ngồi lên cái ghế.

Một vấn đề nữa mà thuyết duy thực phụ thuộc mô hình giải quyết, hay ít nhất tránh đi, là ý nghĩa của sự tồn tại. Làm thế nào tôi biết một cái bàn sẽ tồn tại nếu tôi đi ra khỏi phòng và không nhìn thấy nó nữa? Sẽ có ý nghĩa gì khi nói những thứ mà chúng ta không nhìn thấy, như electron hoặc quark – những hạt được cho là cấu thành nên proton và neutron – là tồn tại? Người ta có thể có một mô hình trong đó cái bàn biến mất khi tôi rời khỏi phòng và xuất hiện trở lại ở vị trí cũ khi tôi bước vào, nhưng điều đó sẽ thật gượng gạo, và chuyện gì đã xảy ra khi tôi ở ngoài kia, thí dụ như trần nhà sập xuống chẳng hạn? Làm thế nào, dưới mô hình cái-bàn-biến-mất-khi-tôi-rời-khỏi-phòng, tôi có thể giải thích cho thực tế lần tiếp theo tôi bước vào, cái bàn xuất hiện trở lại đã bị gãy, dưới mảnh vụn của trần nhà? Mô hình trong đó cái bàn vẫn ở chỗ cũ thì đơn giản hơn nhiều và phù hợp với quan sát. Đó là tất cả những gì người ta có thể hỏi.

Trong trường hợp những hạt hạ nguyên tử chúng ta không thể nhìn thấy, electron là một mô hình hữu ích giải thích những quan sát kiểu như vết tích trong buồng bọt và những đốm sáng trên ống phóng điện tử, cũng như nhiều hiện tượng khác. Người ta nói electron được khám phá ra vào năm 1897 bởi nhà vật lí người Anh J. J. Thomson tại Phòng thí nghiệm Cavendish ở trường Đại học Cambridge. Ông đang làm thí nghiệm với những dòng điện bên trong ống thủy tinh rỗng, một hiện tượng được gọi là tia cathode. Các thí nghiệm của ông đưa ông đến kết luận chắc chắn rằng những tia bí ẩn đó gồm những “tiểu thể”

nhỏ xíu là thành phần chất liệu của nguyên tử, khi đó người ta nghĩ là đơn vị cơ bản không thể phân chia của vật chất. Thomson không “nhìn thấy” electron, luận cứ của ông cũng không phải trực tiếp hoặc được chứng minh rõ ràng bởi những thí nghiệm của ông. Nhưng mô hình trên tỏ ra quan trọng trong những ứng dụng từ khoa học cơ bản cho đến kĩ thuật, và ngày nay tất cả các nhà vật lí đều tin vào electron, mặc dù bạn không thể nhìn thấy chúng.

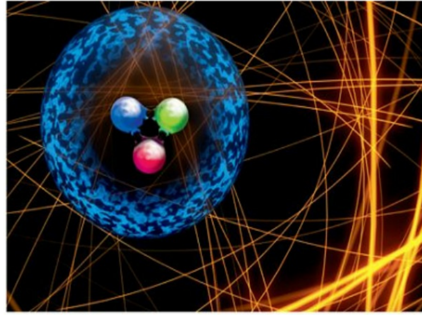
Quark, cái chúng ta cũng không nhìn thấy, là một mô hình giải thích các tính chất của proton và neutron trong hạt nhân nguyên tử. Mặc dù người ta nói proton và neutron cấu tạo từ quark, nhưng sẽ không bao giờ quan sát thấy

một hạt quark vì lực liên kết giữa các quark tăng theo khoảng cách, và do đó những hạt quark tự do, tách rời không thể tồn tại trong tự nhiên. Thay vào đó, chúng luôn luôn xuất hiện thành những nhóm ba (proton và neutron) , hoặc những cặp gồm một quark và một phản quark (meson pi) , và hành xử như thể chúng được nối với nhau bằng dây cao su vậy.



Tia cathode. Chúng ta không thể nhìn thấy từng electron, nhưng chúng ta có thể nhìn thấy những hiệu ứng mà chúng tạo ra.

Câu hỏi rằng có ý nghĩa hay không khi nói các quark tồn tại trong khi bạn không bao giờ có thể tách rời một hạt quark là vấn đề gây tranh cãi trong nhiều năm trời sau khi mô hình quark lần đầu tiên được đề xuất. Quan điểm rằng những hạt nhất định có cấu tạo từ những kết hợp khác nhau của một vài hạt dưới-dưới hạt nhân mang lại một nguyên tắc có tổ chức thu về một lời giải thích đơn giản và hấp dẫn cho những tính chất của chúng. Nhưng mặc dù các nhà vật lí đã quen với việc chấp nhận những hạt chỉ được suy luận ra là tồn tại từ những đốm sáng thống kê trong dữ liệu chứa đầy sự tán xạ của những hạt khác, nhưng ý tưởng gán thực tại cho một hạt có lẽ, trên nguyên tắc, không thể quan sát được là quá nhiều đối với nhiều nhà vật lí. Tuy nhiên, theo năm tháng, khi mô hình quark đưa đến những tiên đoán ngày một chính xác hơn, thì sự phản đối nhạt dần. Chắc chắn có khả năng một số giống loài ngoài hành tinh với 17 cánh tay, đôi mắt hồng ngoại, và thói quen thổi kem cục từ lỗ tai ra sẽ làm những quan sát thực nghiệm giống như chúng ta làm, nhưng mô tả chúng mà không cần đến quark. Tuy nhiên, theo thuyết duy thực phụ thuộc mô hình, các quark tồn tại trong một mô hình phù hợp với những quan sát của chúng ta về cách thức những hạt dưới hạt nhân hành xử.



Thuyết duy thực phụ thuộc mô hình có thể cung cấp một khuôn khổ để thảo luận những câu hỏi đại loại như: Nếu thế giới được sáng tạo ra cách nay một thời gian hữu hạn, thì cái gì xảy ra trước đó? Một nhà triết lí Cơ đốc giáo, St Augustine (354 – 430) cho biết câu trả lời không phải là Chúa đang chuẩn bị địa ngục cho kẻ nêu ra những câu hỏi như vậy, mà thời gian là một tính chất của thế giới mà Chúa đã sáng tạo ra và thời gian không tồn tại trước sự sáng tạo đó, cái ông tin rằng đã xảy ra cách nay không lâu lắm. Đó là một mô hình có khả năng, được những người tín ngưỡng Chúa sáng thế ưa chuộng, mặc dù thế giới có những hóa thạch và bằng chứng khác trông lớn tuổi hơn? (Hay chúng xuất hiện ở đó để đánh lừa chúng ta?) Người ta cũng có thể có một mô hình khác, trong đó thời gian lùi ngược 13,7 tỉ năm cho tới Big Bang. Mô hình đó giải thích hầu hết những quan sát hiện nay của chúng ta, trong đó có bằng chứng lịch sử và địa chất, là sự mô tả tốt nhất của quá khứ mà chúng ta có. Mô hình thứ hai có thể giải thích hóa thạch và số liệu phóng xạ và thực tế chúng ta nhận ánh sáng phát ra từ những thiên hà ở xa hàng triệu năm ánh sáng, và vì thế mô hình này – lí thuyết Big Bang – có ích hơn lí thuyết thứ nhất. Tuy nhiên, không thể nói mô hình nào là thực tế hơn mô hình nào.

Quark. Khái niệm quark là một thành phần thiết yếu của những lí thuyết vật lí sơ cấp của chúng ta, mặc dù từng hạt quark riêng lẻ là không thể quan sát thấy.

Một số người ủng hộ mô hình trong đó thời gian lùi ngược xa hơn cả Big Bang. Vẫn không rõ là một mô hình trong đó thời gian tiếp tục lùi ngược qua Big Bang có giải thích những quan sát hiện nay tốt hơn hay không, vì dường như các định luật phát triển của vũ trụ bị phá vỡ tại Big Bang. Nếu đúng như vậy, thì sẽ không có ý nghĩa khi sáng tạo ra một mô hình vượt thời gian qua trước Big Bang, vì cái tồn tại khi đó sẽ không có những hệ quả có thể quan sát hiện nay, và vì thế chúng ta tạm hài lòng với quan điểm Big Bang là sự

sáng tạo của thế giới.

Một mô hình là tốt nếu như nó:

1. tao nhã

2. chứa một vài thành phần tùy ý hoặc có thể điều chỉnh

3. phù hợp với và giải thích được mọi quan sát hiện có

4. đưa ra dự đoán chi tiết về những quan sát trong tương lai có thể bác bỏ hoặc chứng minh mô hình sai nếu như chúng không ra đời.

Thí dụ, lí thuyết của Aristotle rằng thế giới cấu tạo gồm bốn nguyên tố, đất, không khí, lửa, và nước, và các vật hoạt động để thỏa mãn mục đích của chúng là tao nhã và không chứa những thành phần có thể điều chỉnh. Nhưng trong nhiều trường hợp, nó không đưa ra những tiên đoán dứt khoát, và khi như vậy, những tiên đoán đó không phải luôn luôn phù hợp với quan sát. Một trong những tiên đoán này là những vật nặng sẽ rơi nhanh hơn vì mục đích của chúng là rơi xuống. Dường như chẳng ai thấy nên kiểm tra tiên đoán này, mãi cho đến thời Galileo. Có một câu chuyện kể rằng ông đã kiểm tra tiên đoán đó bằng cách thả những quả nặng từ tháp nghiêng Pisa. Đây có lẽ là câu chuyện ngụy tạo, nhưng chúng ta biết ông đã thật sự cho lăn những quả nặng khác nhau xuống một mặt phẳng nghiêng và nhận thấy chúng đều thu vận tốc với tốc độ như nhau, trái với tiên đoán của Aristotle.

Điều kiện trên rõ ràng là chủ quan. Tính tao nhã, chẳng hạn, không phải là cái gì đó dễ dàng đo được, nhưng nó được các nhà khoa học đánh giá cao vì các định luật của tự nhiên muốn thu hẹp hiệu quả một số trường hợp đặc biệt thành một công thức đơn giản. Tính tao nhã gợi đến dạng thức của một lí thuyết, nhưng nó có sự liên hệ gần gũi với sự thiếu những thành phần có thể điều chỉnh, vì một lí thuyết có nhiều yếu tố vớ vẩn thì không tao nhã cho lắm.

Tóm lại, một lí thuyết nên càng đơn giản càng tốt, chứ không đơn giản hơn.

Ptolemy bổ sung thêm ngoại luân cho quỹ đạo tròn của các thiên thể để mô hình của ông có thể mô tả chính xác chuyển động của chúng. Mô hình trên có thể làm cho chính xác hơn bằng cách bổ sung thêm ngoại luân cho những ngoại luân, hay thậm chí bổ sung thêm ngoại luân cho những ngoại luân mới

bổ sung thêm đó nữa. Mặc dù sự bổ sung phức tạp như thế có thể làm cho mô hình này chính xác hơn, nhưng các nhà khoa học xem một mô hình bị bóp méo để khớp với một tập hợp đặc biệt của những quan sát là không thỏa đáng, nó thuộc về một danh mục dữ liệu hơn là một lí thuyết có khả năng tiêu biểu cho bất kì nguyên lí hữu ích nào.

Chúng ta sẽ thấy trong chương 5 rằng nhiều người xem "mô hình chuẩn" , mô hình mô tả sự tương tác của các hạt sơ cấp của tự nhiên, là không tao nhã.

Mô hình đó thành công hơn nhiều so với các ngoại luân của Ptolemy. Nó tiên đoán sự tồn tại của một vài hạt mới trước khi chúng được quan sát thấy, và mô tả kết quả của vô số thí nghiệm trong vài thập niên qua với độ chính xác cao.

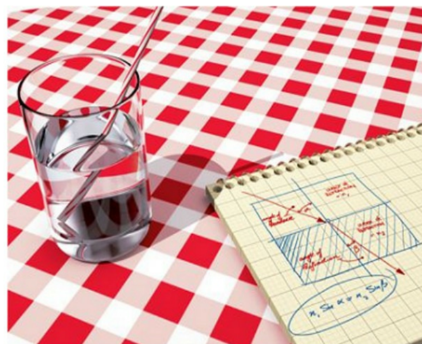
Nhưng nó chứa hàng tá những thông số có thể điều chỉnh có giá trị phải sửa đổi để phù hợp với quan sát, thay vì được xác định bởi bản thân lí thuyết đó.

Như với yêu cầu thứ tư ở trên, các nhà khoa học luôn luôn ấn tượng khi mà những tiên đoán mới và bất ngờ tỏ ra chính xác. Mặt khác, khi người ta thấy một mô hình còn thiếu cái gì đó, phản ứng thông thường là người ta nói thí nghiệm đó không đúng. Nếu không chứng minh được trường hợp đó, người ta vẫn chưa chịu từ bỏ mô hình mà cố cứu lấy nó qua những cải tiến. Mặc dù các nhà vật lí thật sự kiên trì trong những nỗ lực của họ nhằm cứu lấy những lí thuyết mà họ ngưỡng mộ, nhưng khuynh hướng sửa đổi một mô hình phai nhạt dần đến mức những sửa đổi đó trở nên mang tính nhân tạo hoặc cồng kềnh, và vì thế "không tao nhã" nữa.

Nếu những sửa đổi cần thiết để cho phù hợp với những quan sát mới trở nên quá lố bịch, thì có nghĩa là cần có một mô hình mới. Một thí dụ của trường hợp một mô hình cũ phải nhượng bộ dưới sức ép của những quan sát mới là quan niệm vũ trụ tĩnh tại. Vào thập niên 1920, đa số các nhà vật lí tin rằng vũ trụ là tĩnh tại, hoặc không thay đổi kích cỡ. Sau đó, vào năm 1929, Edwin Hubble công bố những quan sát của ông cho thấy vũ trụ đang dãn nở. Nhưng Hubble không quan sát trực tiếp thấy vũ trụ đang dãn nở. Ông quan sát ánh sáng do các thiên hà phát ra. Ánh sáng đó mang một dấu hiệu đặc trưng, hay quang phổ, dựa trên thành phần của mỗi thiên hà, nó thay đổi đi một lượng biết được nếu thiên hà đang chuyển động tương đối so với chúng ta. Vì thế,

bằng cách phân tích quang phổ của những thiên hà ở xa, Hubble đã có thể xác định vận tốc của chúng. Ông trông đợi tìm thấy số thiên hà đang chuyển động ra xa chúng ta nhiều như số thiên hà đang chuyển động đến gần chúng ta. Nhưng cái ông tìm thấy là hầu như tất cả các thiên hà đều đang chuyển động ra xa chúng ta, và nếu chúng càng ở xa thì chúng chuyển động càng nhanh. Hubble kết luận rằng vũ trụ đang dãn nở, nhưng những người khác, cố gắng bám lấy mô hình cũ, đã nỗ lực giải thích những quan sát của ông trong khuôn khổ của vũ trụ tĩnh.

Thí dụ, nhà vật lí Caltech Fritz Zwicky đề xuất rằng một phần ánh sáng vì lí donào đó chưa rõ có thể từ từ mất năng lượng khi nó truyền đi những khoảng cách xa. Sự giảm năng lượng như thế này sẽ tương ứng với sự thay đổi trong quang phổ của ánh sáng, cái Zwicky cho rằng có thể giống với những quan sát của Hubble. Nhưng mô hình tự nhiên nhất là mô hình của Hubble, mô hình của một vũ trụ đang dãn nở, và nó đã trở thành một mô hình được mọi người chấp nhận.



Trong công cuộc truy tìm của chúng ta nhằm tìm ra những định luật chi phối vũ trụ, chúng ta đã thiết lập một số lí thuyết hoặc mô hình, thí dụ như lí thuyết bốn nguyên tố, mô hình Ptolemy, lí thuyết nhiên liệu cháy, lí thuyết Big Bang, và vân vân. Với mỗi lí thuyết hoặc mô hình, quan niệm của chúng ta về thực tại và những thành phần cơ bản của vũ trụ đã thay đổi. Chẳng hạn, xét lí thuyết ánh sáng. Newton nghĩ rằng ánh sáng gồm những hạt nhỏ hay tiểu thể.

Mô hình này giải thích được tại sao ánh sáng truyền đi theo đường thẳng, và Newton cũng dùng nó để giải thích tại sao ánh sáng bị bẻ cong hay bị khúc xạ khi nó đi từ môi trường này sang môi trường khác, thí dụ từ không khí vào thủy tinh hoặc từ không khí vào nước.

Sự khúc xạ. Mô hình ánh sáng của Newton có thể giải thích tại sao ánh sáng bị bẻ cong khi nó đi từ môi trường này sang môi trường khác, nhưng nó không thể giải thích một hiện tượng khác mà ngày nay chúng ta gọi là vòng Newton.

Tuy nhiên, lí thuyết hạt không thể dùng để giải thích một hiện tượng mà chính Newton quan sát thấy, cái gọi là các vòng Newton. Đặt một thấu kính lên trên một tấm phản xạ phẳng và chiếu lên nó một ánh sáng đơn sắc, thí dụ ánh sáng đèn natrium. Nhìn từ trên xuống, người ta sẽ thấy một dải vòng sáng và tối có tâm là nơi thấu kính tiếp xúc với mặt phẳng bên dưới. Hiện tượng này khó giải thích bằng lí thuyết hạt ánh sáng, nhưng nó có thể giải thích được trong lí thuyết sóng.

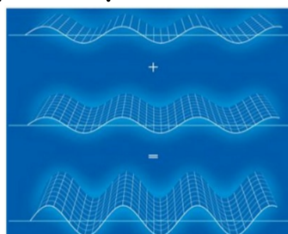
Theo lí thuyết sóng ánh sáng, các vòng sáng và tối đó có nguyên nhân là một hiện tượng gọi là giao thoa. Một sóng, thí dụ sóng nước, gồm một dải những đỉnh sóng và hõm sóng. Khi các sóng chạm trán với nhau, nếu những đỉnh sóng và hõm sóng đó xuất hiện tương ứng, thì chúng sẽ tăng cường lẫn nhau, mang lại một sóng lớn hơn. Hiện tượng đó gọi là giao thoa tăng cường.

Trong trường hợp đó, người ta nói các sóng "cùng pha" với nhau. Trong trường hợp ngược lại, khi các sóng gặp nhau, đỉnh của sóng này trùng với hõm của sóng kia. Trong trường hợp đó, các sóng triệt tiêu nhau và người ta nói chúng "ngược pha" với nhau. Tình huống đó được gọi là giao thoa triệt tiêu.

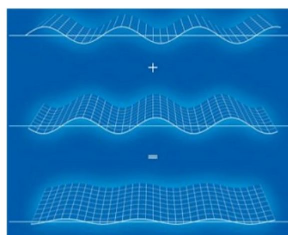
Trong các vòng Newton, những vòng sáng nằm ở những khoảng cách đến tâm, nơi chia tách giữa thấu kính và bản phản xạ, sao cho sóng ánh sáng từ thấu kính lệch với sóng phản xạ từ bản phẳng một số nguyên (1,2, 3...) lần bước sóng, tạo ra sự giao thoa tăng cường. (Bước sóng là khoảng cách giữa hai đỉnh sóng hoặc hai hõm sóng liên tiếp của một sóng) Mặt khác, những vòng tối nằm ở những khoảng cách đến tâm nơi chia tách giữa thấu kính và bản phẳng một số bán nguyên (1/2,11/2,21/2,...) lần bước sóng, gây ra sự giao thoa triệt tiêu – sóng phản xạ từ thấu kính triệt tiêu với sóng phản xạ từ bản phẳng.

Vào thế kỉ thứ 19, sự giao thoa đã xác nhận bản chất sóng của ánh sáng và chứng tỏ lí thuyết hạt là không đúng. Tuy nhiên, vào đầu thế kỉ 20, Einstein

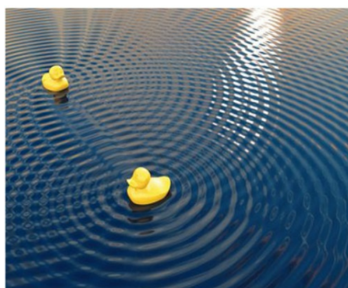
đã trình bày rằng hiệu ứng quang điện (ngày nay dùng trong ti vi và camera kĩ thuật số) có thể giải thích bởi một hạt hay một lượng tử ánh sáng va chạm với một nguyên tử và đánh bật ra một electron.



Như vậy, ánh sáng hành xử vừa là sóng vừa là hạt.



Sự giao thoa. Giống như con người, khi các sóng gặp nhau, chúng có xu hướng tăng cường nhau hoặc triệt tiêu nhau.



Khái niệm sóng có lẽ đã đi vào tư duy con người vì người ta đã nhìn thấy đại dương, hoặc một vũng nước nhỏ sau khi một hòn đá cuội rơi vào nó. Thật vậy, nếu bạn từng thả hai hòn sỏi vào một vũng nước nhỏ, có khả năng bạn đã nhìn thấy sự giao thoa, như trong hình bên dưới. Người ta cũng quan sát thấy những chất lỏng có kiểu hành xử tương tự, có lẽ ngoại trừ rượu nếu như bạn đã quá chén. Khái niệm hạt thì quen thuộc từ những hòn đá, hòn sỏi và hạt cát.

Nhưng sự lưỡng tính sóng/hạt này – quan niệm cho rằng một vật có thể được mô tả bằng một hạt hoặc một sóng – còn xa lạ với kinh nghiệm hàng ngày, giống như là bạn có thể uống một khoanh sa thạch vậy.

Sự giao thoa trong vũng nước. Khái niệm giao thoa thể hiện trong cuộc sống hàng ngày trong những vật chứa nước, từ những vũng nước nhỏ cho đến đại dương.

Những sự lưỡng tính như thế này – những tình huống trong đó hai lí thuyết rất khác nhau đều mô tả chính xác cùng một hiện tượng – phù hợp với thuyết duy thực phụ thuộc mô hình. Mỗi lí thuyết có thể mô tả và giải thích những tính chất nhất định, nhưng không thể nói lí thuyết này là tốt hơn hay thực tế hơn lí thuyết kia. Về những định luật chi phối vũ trụ, cái chúng ta có thể nói là như thế này: Dường như không có một mô hình toán học hay một lí thuyết đơn độc nào có thể mô tả mọi phương diện của vũ trụ. Thay vậy, như đã đề cập 40

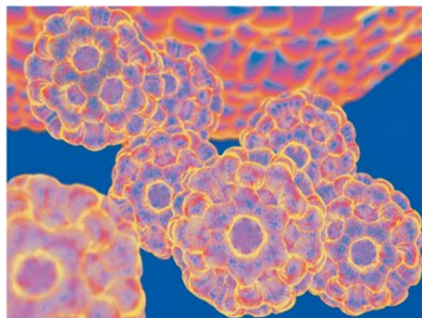
trong chương mở đầu, dường như có một hệ thống lí thuyết gọi là lí thuyết M.

Mỗi lí thuyết trong hệ thống lí thuyết M mô tả tốt những hiện tượng trong một phạm vi nhất định. Hễ khi phạm vi của chúng chồng lên nhau, thì những lí thuyết khác nhau trong hệ thống đều phù hợp, nên có thể nói tất cả chúng là những bộ phận của cùng một lí thuyết. Nhưng không có một lí thuyết đơn độc nào trong hệ thống có thể mô tả mọi phương diện của vũ trụ - tất cả những lực của tự nhiên, những hạt chịu những lực đó tác dụng, và cơ cấu của không gian và thời gian mà chúng trình hiện. Mặc dù tình huống này không thỏa mãn giấc mơ của các nhà vật lí truyền thống về một lí thuyết thống nhất chung, nhưng nó có thể chấp nhận được trong khuôn khổ thuyết duy thực phụ thuộc mô hình.

Chúng ta sẽ thảo luận thêm về sự lưỡng tính và lí thuyết M trong chương 5, nhưng trước đó chúng ta hãy chuyển sang một nguyên lí cơ bản trên đó quan điểm hiện đại của chúng ta về tự nhiên được xây dựng: thuyết lượng tử, và đặc biệt là phương pháp tiếp cận thuyết lượng tử gọi là những lịch sử thay thế. Theo quan điểm đó, vũ trụ không có một sự tồn tại hay một lịch sử duy nhất, mà mọi phiên bản khác nhau của vũ trụ tồn tại một cách đồng thời trong cái gọi là sự chồng chất lượng tử. Điều đó nghe kì quặc giống như là lí thuyết trong đó cái bàn biến mất hễ khi nào chúng ta rời khỏi phòng, nhưng trong trường hợp này lí thuyết đã vượt qua mọi phép kiểm tra thực nghiệm mà người ta đã từng thử qua.



4 - Những lịch sử khác



Vào năm 1999, một đội gồm các nhà vật lí người Áo đã bắn một loạt những phân tử hình quả bóng đá về hướng một rào chắn.

Những phân tử đó, mỗi phân tử gồm sáu mươi nguyên tử Carbon, thỉnh thoảng được gọi là bóng bucky vì kiến trúc sư Buckminster Fuller đã xây dựng nên cấu trúc có hình dạng đó. Nhà vòm đo đạc của Fuller có lẽ là những vật hình quả bóng đá lớn nhất từng tồn tại. Những quả bóng bucky thì là nhỏ nhất. Rào cản mà các nhà khoa học nhắm bắn tới có hai khe nhỏ để bóng bucky có thể bay qua. Phía sau bức tường, các nhà vật lí bố trí cái tương đương của màn ảnh để phát hiện và đếm số phân tử đi qua.

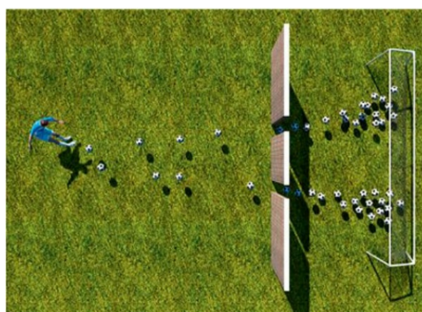
Bóng bucky. Bóng bucky trông như những quả bóng đá cấu tạo từ những nguyên tử carbon.

Nếu chúng ta bố trí một thí nghiệm tương tự với những quả bóng đá thật sự, chúng ta cần một cầu thủ đá không hay lắm nhưng có khả năng sút bóng theo tốc độ mà chúng ta chọn. Chúng ta sẽ để người cầu thủ này đứng trước một bức tường có hai khe hở. Ở phía sau tường, và song song với nó, ta đặt một màng lưới rất dài. Đa số những cú sút của cầu thủ sẽ va vào tường và dội trở lại, nhưng một số sẽ đi lọt qua khe này hoặc khe kia, và đi vào lưới. Nếu hai khe chỉ hơi lớn hơn quả bóng một chút, thì ở phía đằng sau sẽ hiện ra hai dòng chuẩn trực cao. Nếu hai khe rộng ra thêm chút nữa, thì mỗi dòng bóng sẽ loe ra một chút, như thể hiện trong hình bên dưới.

Để ý rằng nếu chúng ta đóng một khe lại, thì dòng bóng tương ứng sẽ không còn đi qua, nhưng điều này không ảnh hưởng gì đến dòng bóng kia. Nếu chúng ta mở khe thứ hai ra trở lại, thì điều đó chỉ làm tăng số lượng quả bóng

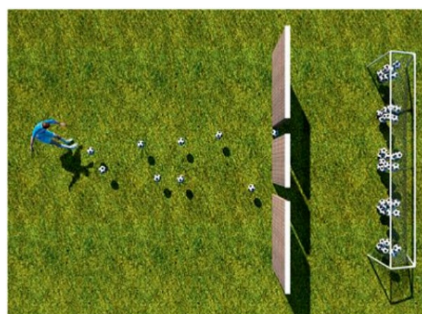
chạm đất ở bất kì điểm nào ở phía đằng sau, khi đó chúng ta sẽ có tất cả những quả bóng đi qua khe vẫn còn mở, cộng với những quả bóng đi từ khe mới mở.

Nói cách khác, cái chúng ta quan sát thấy với cả hai khe mở bằng tổng những cái chúng ta nhìn thấy với mỗi khe trên tường mở độc lập. Đó là thực tế mà chúng ta đã tích lũy được trong cuộc sống hàng ngày. Nhưng đó không phải là cái các nhà nghiên cứu người Áo tìm thấy khi họ bắn những phân tử của họ.



Cầu môn hai khe. Một cầu thủ sút bóng vào hai khe trên tường sẽ tạo ra một kiểu phân bố rõ ràng.

Trong thí nghiệm của người Áo, việc mở cái khe thứ hai thật sự làm tăng số phân tử đi tới một số điểm nhất định trên màn ảnh, nhưng nó làm giảm số phân tử đi tới một số điểm khác, như thể hiện trong hình bên dưới. Thật vậy, có những điểm không có quả bóng bucky nào tiếp đất trong khi hai khe vẫn mở, nhưng có những điểm các quả bóng thật sự tiếp đất khi chỉ có khe này hoặc khe kia mở. Điều đó trông rất kì lạ. Làm thế nào việc mở khe thứ hai có thể làm giảm số phân tử đi tới những điểm nhất định?



Cầu thủ bóng bucky. Khi bắn những quả bóng phân tử vào hai khe, trên màn hình thu được kiểu phân bố phản ánh những định luật lượng tử xa lạ.

Chúng ta có thể đi tìm manh mối cho câu trả lời bằng cách khảo sát từng chi tiết. Trong thí nghiệm trên, nhiều quả bóng phân tử tiếp đất tại một điểm nằm ngay chính giữa nơi bạn muốn chúng tiếp đất nếu các quả bóng đi qua khe này hoặc khe kia. Xa điểm chính giữa đó chút nữa thì có rất ít phân tử đi tới, nhưng xa điểm chính giữa đó thêm chút nữa, thì các phân tử lại thấy xuất hiện.

Kiểu phân bố này không bằng tổng của những phân bố khi mở từng khe độc lập, nhưng bạn có thể nhận ra nó từ chương 3 là kiểu phân bố đặc trưng của sóng giao thoa. Những chỗ không có phân tử nào đi tới tương ứng với những vùng trong đó những sóng phát ra từ hai khe đi tới ngược pha với nhau, và tạo ra sự giao thoa triệt tiêu; những chỗ nơi nhiều phân tử đi tới tương ứng với những vùng trong đó các sóng tới cùng pha, và tạo ra sự giao thoa tăng cường.

Trong hai nghìn năm đầu tiên hay tương đương như thế của tư duy khoa học, kinh nghiệm đời thường và trực giác là cơ sở cho sự lí giải lí thuyết. Khi chúng ta dần cải tiến công nghệ của mình và mở rộng phạm vi của hiện tượng mà chúng ta có thể quan sát, chúng ta bắt đầu nhận thấy tự nhiên hành xử theo những kiểu mỗi lúc một khác với sự trải nghiệm hàng ngày của chúng ta, và vì thế với trực giác của chúng ta, như vừa chứng minh với thí nghiệm với những quả bóng bucky. Thí nghiệm đó là điển hình của loại hiện tượng không thể nào dung chứa bởi khoa học cổ điển, mà được mô tả bởi cái gọi là vật lí lượng tử.

Thật vậy, Richard Feynman từng viết rằng thí nghiệm hai khe giống như cái chúng ta vừa mô tả ở trên “chứa đựng mọi bí ẩn của cơ học lượng tử”.

Các nguyên lí của cơ học lượng tử được phát triển trong hai thập niên đầu của thế kỉ 20 sau khi người ta nhận thấy lí thuyết Newton không còn thỏa đáng để mô tả tự nhiên ở cấp độ nguyên tử - hoặc dưới nguyên tử. Các lí thuyết vật lí cơ bản mô tả các lực của tự nhiên và cách thức các vật tương tác với chúng. Các lí thuyết cổ điển như lí thuyết Newton xây dựng trên một khuôn khổ phản ánh kinh nghiệm hàng ngày, trong đó các đối tượng vật chất có sự tồn tại riêng, có thể nằm ở những vị trí xác định, đi theo những quỹ đạo nhất định, và vân vân.

Vật lí lượng tử cung cấp một khuôn khổ để tìm hiểu tự nhiên hoạt động như thế nào ở cấp độ nguyên tử và dưới nguyên tử, nhưng như chúng ta sẽ thấy chi tiết hơn ở phần sau, nó đòi hỏi một giản đồ khái niệm hoàn toàn khác, trong đó vị trí, đường đi của một vật, và thậm chí cả quá khứ và tương lai của nó, không được xác định một cách chính xác. Các lí thuyết lượng tử của những lực như lực hấp dẫn hoặc lực điện từ được xây dựng bên trong khuôn khổ đó.

Liệu những lí thuyết xây dựng trên một khuôn khổ xa lạ với kinh nghiệm hàng ngày cũng có thể giải thích những sự kiện của kinh nghiệm hàng ngày đã được lập mô hình chính xác bởi vật lí cổ điển hay không? Chúng có thể, vì chúng ta và môi trường xung quanh chúng ta là những cấu trúc phức hợp, cấu tạo từ vô số nguyên tử, số nguyên tử đó còn nhiều hơn cả số ngôi sao trong vũ trụ có thể quan sát. Và mặc dù các nguyên tử thành phần tuân theo các nguyên lí của cơ học lượng tử, nhưng người ta có thể chứng minh rằng một tập hợp lớn nguyên tử tạo nên quả bóng đá, hoa tulip, cái vòi con voi – và cả chúng ta – thật sự sẽ tránh được sự nhiễu xạ qua hai khe. Cho nên, mặc dù các thành phần cấu tạo của những vật thể hàng ngày tuân theo vật lí lượng tử, nhưng các định luật Newton tạo nên một lí thuyết tác dụng mô tả rất chính xác cách thức hành xử của những cấu trúc phức hợp hình thành nên thế giới hàng ngày của chúng ta.

Điều đó nghe có vẻ lạ lẫm, nhưng có nhiều trường hợp trong khoa học trong đó một tập hợp lớn hành xử theo kiểu khác với hành trạng của từng thành phần cá lẻ. Phản ứng của một neuron đơn lẻ khó báo trước phản ứng của não bộ, biết về một phân tử nước bạn cũng chẳng thể nói gì nhiều về hành trạng của một cái hồ. Trong trường hợp vật lí lượng tử, các nhà nghiên cứu vẫn đang tìm hiểu các chi tiết xem các định luật Newton xuất hiện như thế nào từ địa hạt lượng tử. Cái chúng ta biết là thành phần của mọi vật tuân theo các định luật 46

của vật lí lượng tử, và các định luật Newton là sự gần đúng tốt để mô tả cách thức hành xử của vật vĩ mô cấu tạo từ những thành phần lượng tử đó.

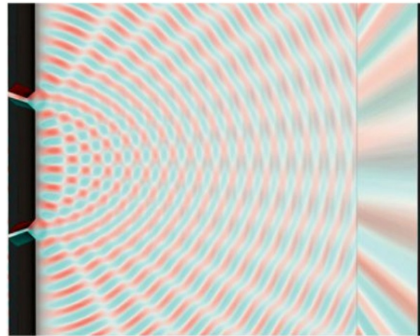
Vì thế, các tiên đoán của lí thuyết Newton phù hợp với cái nhìn thực tại mà chúng ta phát triển khi chúng ta trải nghiệm thế giới xung quanh mình.

Nhưng từng nguyên tử và phân tử hoạt động theo một kiểu khác hẳn với kinh nghiệm hàng ngày của chúng ta. Vật lí lượng tử là một mô hình mới của thực tại mang lại cho chúng ta một bức tranh của vũ trụ. Nó là một bức tranh trong đó nhiều khái niệm cơ bản đối với sự hiểu biết trực giác của chúng ta về thực tại không còn ý nghĩa nữa.

Thí nghiệm hai khe trên được thực hiện lần đầu tiên vào năm 1927 bởi Clinton Davisson và Lester Germer, những nhà vật lí thực nghiệm tại Bell Labs đang nghiên cứu cách thức một chùm electron – những đối tượng đơn giản hơn bóng bucky nhiều – tương tác với một tinh thể nickel. Thực tế những hạt vật chất như electron hành xử giống như sóng nước là loại thí nghiệm bất ngờ đã truyền cảm hứng cho vật lí lượng tử. Vì hành trạng này không được quan sát thấy ở cấp vĩ mô, cho nên từ lâu các nhà khoa học đã tự hỏi không biết những vật bao lớn và phức tạp ra sao thì có thể và vẫn biểu hiện những tính chất kiểu sóng như thế. Sẽ có một chút xáo trộn trong cuộc sống nếu hiệu ứng trên được chứng minh với con người hoặc con hà mã, nhưng như chúng ta đã nói, nói chung, những vật càng lớn thì những hiệu ứng lượng tử càng kém rõ nét và xác thực. Cho nên sẽ không có khả năng cho bất kì con thú nuôi nào thoát ra ngoài qua các thanh chắn lồng nhốt của chúng bằng hành trạng đi qua kiểu sóng. Tuy nhiên, các nhà vật lí thực nghiệm đã quan sát thấy hành trạng sóng với những hạt có kích cỡ ngày một tăng dần. Các nhà khoa học hi vọng một ngày nào đó sẽ tái dựng được thí nghiệm bóng bucky với virus, nó không to hơn bao nhiêu nhưng vẫn được một số người xem là sinh vật sống.

Chỉ có một vài khía cạnh của vật lí lượng tử cần thiết để hiểu những lập luận mà chúng ta sẽ nêu ra ở những chương sau. Một trong những đặc điểm then chốt là lưỡng tính sóng/hạt. Những hạt vật chất hành xử giống như sóng đã khiến mọi người bất ngờ. Ánh sáng hành xử giống như sóng thì không còn khiến ai bất ngờ nữa. Hành trạng kiểu sóng của ánh sáng dường như là tự nhiên đối với chúng ta và đã được xem là một thực tế được chấp nhận trong gần hai thế kỉ qua. Nếu chiếu một chùm ánh sáng vào hai khe trong thí nghiệm trên, hai sóng sẽ ló ra và gặp nhau trên màn hứng. Tại một số điểm, những đỉnh sóng hoặc hõm sóng của chúng sẽ trùng nhau và tạo ra một đốm sáng; tại một số điểm khác thì đỉnh sóng của chùm này gặp hõm sóng của chùm kia, triệt tiêu chúng, và để lại một vùng tối. Nhà vật lí người Anh

Thomas Young đã tiến hành thí nghiệm này hồi đầu thế kỉ 19, thuyết phục mọi người rằng ánh sáng là một sóng và không phải gồm những hạt như Newton tin tưởng.



Thí nghiệm Young. Kiểu phân bố bóng bucky nhìn quen thuộc từ lí thuyết sóng ánh sáng.

Mặc dù người ta có thể kết luận rằng Newton đã sai khi nói ánh sáng không phải là sóng, nhưng ông cũng đúng khi nói ánh sáng có thể tác dụng như thể nó gồm những hạt nhỏ. Ngày nay, chúng ta gọi chúng là photon. Giống như chúng ta có cấu tạo từ số lượng lớn nguyên tử, ánh sáng mà chúng ta thấy trong cuộc sống hàng ngày là một phức hợp theo nghĩa nó gồm rất nhiều photon –

một bóng đèn 1 watt phát ra một tỉ tỉ photon trong mỗi giây. Các photon độc thân thường không hiển hiện, nhưng trong phòng thí nghiệm chúng ta có thể tạo ra một chùm ánh sáng mờ nhạt đến mức nó gồm một dòng photon độc thân mà chúng ta có thể phát hiện từng hạt giống như việc chúng ta phát hiện ra từng electron hoặc bóng bucky. Và chúng ta có thể lặp lại thí nghiệm Young sử dụng một chùm photon đủ thưa để cho tại mỗi thời điểm có một photon đi tới rào chắn, với một vài giây phân cách giữa mỗi lần đi tới. Nếu chúng ta làm được như thế, và rồi cộng gộp từng tác dụng riêng lẻ mà màn ảnh ghi lại ở phía sau màn chắn, chúng ta sẽ thấy chúng cùng xây dựng nên kiểu vân giao thoa giống với kiểu vân nếu chúng ta thực hiện thí nghiệm Davisson – Germer, nhưng chiếu các electron (hoặc bóng bucky) tuần tự từng hạt một. Đối với các nhà vật lí, đó là một phát hiện đáng chú ý: Nếu các hạt đơn lẻ tự giao thoa với chúng, thì bản chất sóng của ánh sáng là một tính chất không chỉ của chùm sáng hoặc của một tập hợp lớn những photon mà còn của từng hạt đơn lẻ.

Một trong những nguyên lí chủ chốt khác nữa của vật lí lượng tử là nguyên lí bất định, do Werner Heisenberg thiết lập vào năm 1926. Nguyên lí bất định cho chúng ta biết rằng có những giới hạn đối với khả năng của chúng ta đo đồng thời những dữ liệu nhất định, thí dụ như vị trí và vận tốc của một hạt. Theo nguyên lí bất định, chẳng hạn, nếu bạn nhân sai số trong phép đo vị trí của một hạt với sai số trong phép đo xung lượng của nó (khối lượng nhân với vận tốc của nó) , thì kết quả không bao giờ nhỏ hơn một đại lượng cố định nhất định, gọi là hằng số Planck. Đó là một vấn đề hóc búa, nhưng nội dung chính của nó có thể phát biểu đơn giản như sau: Bạn đo tốc độ càng chính xác bao nhiêu, thì bạn đo vị trí càng kém chính xác bấy nhiêu, và ngược lại. Chẳng hạn, nếu bạn chia đôi sai số về vị trí, thì bạn phải tăng gấp đôi sai số về vận tốc.

Điều cũng quan trọng nên lưu ý là, so với những đơn vị đo hàng ngày như mét, kilogram và giây, hằng số Planck là rất nhỏ. Thật vậy, nếu tính theo những đơn vị đó, nó có giá trị vào khoảng 6/10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000. Hệ quả là nếu bạn định vị một vật thể vĩ mô như một quả bóng đá, với khối lượng một phần ba kilogram, trong cự li 1 mm tính theo mọi chiều, thì chúng ta có thể vẫn đo vận tốc của nó với độ chính xác lớn hơn nhiều so với một phần tỉ tỉ tỉ của 1 km/h. Đó là vì, đo theo những đơn vị này, quả bóng đá có khối lượng 1/3, và sai số vị trí là 1/1.000. Cả hai giá trị không đủ để giải thích cho toàn bộ những con số không trong hằng số Planck, và vì thế sai số về vận tốc là không xác đáng. Nhưng cũng tính theo những đơn vị đó, một hạt electron có khối lượng 0,000000000000000000000000000001, nên đối với electron tình huống có hơi khác. Nếu chúng ta đo vị trí của electron với độ chính xác đại khái tương ứng với kích cỡ của một nguyên tử, thì nguyên lí bất định yêu cầu rằng chúng ta không thể biết tốc độ của electron chính xác hơn khoảng cộng hoặc trừ 1000 km/h, nghĩa là rốt cuộc thì không chính xác cho lắm.

Theo vật lí lượng tử, cho dù chúng ta thu nhặt được bao nhiêu thông tin hay khả năng điện toán của chúng ta mạnh đến mức nào, thì kết cục của các quá trình vật lí không thể nào dự đoán trước chắc chắn vì chúng không được *xác* đị *nh* chắc chắn. Thay vào đó, cho trước trạng thái ban đầu của một hệ, tự nhiên xác định trạng thái tương lai của nó qua một quá trình về cơ bản là không chắc chắn. Nói cách khác, tự nhiên không đòi hỏi kết cục của bất kì

quá trình hay thí nghiệm nào, ngay cả trong tình huống đơn giản nhất. Thay vào đó, nó cho phép một số kết cục khác nhau, mỗi kết cục có một khả năng nhất định được hiện thực hóa. Nghĩa là, mượn lời Einstein, cứ như thể Chúa tung xúc xắc trước khi quyết định kết cục của từng quá trình vật lí. Quan điểm đó khiến Einstein bất 49

an, và mặc dù ông là một trong những người cha đẻ của vật lí lượng tử, nhưng sau này ông là người chỉ trích nó.

“Nếu như điều này đúng, thì mọi thứ mà chúng ta nghĩ là sóng thật ra là hạt, và mọi thứ chúng ta nghĩ là hạt thật ra là sóng”.



Vật lí lượng tử dường như làm xói mòn quan niệm cho rằng tự nhiên bị chi phối bởi những quy luật, nhưng điều đó không đúng. Thay vì thế, nó đưa chúng ta đến chỗ chấp nhận một dạng quyết định luận mới: Cho trước trạng thái của một hệ tại một thời điểm nào đó, các định luật tự nhiên xác định *xác suấ t* của những tương lai và quá khứ khác nhau thay vì xác định tương lai và quá khứ một cách chắc chắn. Mặc dù quan điểm đó gây khó chịu cho một số người, nhưng các nhà khoa học phải chấp nhận những lí thuyết phù hợp với thực nghiệm, chứ không phải những quan niệm nhận thức của riêng họ.

Cái khoa học thật sự yêu cầu ở một lí thuyết là nó có thể kiểm tra được.

Nếu bản chất xác suất của những tiên đoán của vật lí lượng tử có nghĩa là không 50 thể nào xác nhận những tiên đoán đó, thì các lí thuyết lượng tử sẽ được xem là lí thuyết có giá trị. Nhưng bất chấp bản chất lượng tử của những tiên đoán của chúng, chúng ta vẫn có thể kiểm tra các lí thuyết lượng tử. Chẳng hạn, chúng ta có thể lặp lại một thí nghiệm nhiều lần và xác nhận tần

suất của những kết cục khác nhau phù hợp với những xác suất đã tiên đoán. Xét thí nghiệm bóng bucky. Vật lí lượng tử cho chúng ta biết rằng không có cái gì nằm tại một vị trí xác định, vì nếu như nó ở đó thì độ bất định xung lượng sẽ là vô hạn. Thật vậy, theo vật lí lượng tử, mỗi hạt có một xác suất nào đó được tìm thấy tại một nơi nào đó trong vũ trụ. Vì thế, cho dù cơ hội tìm thấy một electron cho trước bên trong thiết bị hai khe là rất cao, nhưng vẫn có cơ hội cho nó được tìm thấy ở đâu đó phía bên kia ngôi sao Alpha Centari hoặc trong miếng bánh rán tại nhà ăn công sở của bạn. Kết quả là nếu bạn đá một quả bóng bucky lượng tử và cho nó bay đi, thì chẳng có kĩ năng hay kiến thức nào cho phép bạn nói chính xác nó sẽ tiếp đất ở chỗ nào. Nhưng nếu bạn lặp lại thí nghiệm đó nhiều lần, thì dữ liệu bạn thu về sẽ phản ánh xác suất tìm thấy quả bóng ở những vị trí nhất định, và các nhà thực nghiệm xác nhận kết quả của những thí nghiệm như thế phù hợp với tiên đoán của lí thuyết.

Điều quan trọng nên nhận ra là xác suất trong vật lí lượng tử không giống như xác suất trong vật lí Newton, hoặc trong cuộc sống hàng ngày. Chúng ta có thể hiểu rõ điều này bằng cách so sánh hình ảnh dựng nên bởi một dòng đều đặn gồm những quả bóng bucky bắn vào một màn hứng với hình ảnh những cái lỗ dựng nên bởi những vận động viên nhắm vào hồng tâm trên bảng phóng phi tiêu. Trừ khi vận động viên uống quá nhiều bia, chứ cơ hội cho cái phi tiêu chạm vào gần tâm là lớn nhất, và cơ hội đó giảm đi khi bạn tiến ra xa. Như với bóng bucky, mọi cái phi tiêu cho trước có thể chạm trúng bất kì chỗ nào, và theo thời gian hình ảnh những cái lỗ sẽ phản ánh xác suất xảy ra. Trong cuộc sống hàng ngày, chúng ta có thể phản ánh tình huống ấy bằng cách nói rằng một cái phi tiêu có một xác suất nhất định chạm trúng những chỗ khác nhau; nhưng chúng ta lại nói rằng, không giống như trường hợp bóng bucky, đó chỉ là vì kiến thức của chúng ta về những điều kiện phóng của nó là không đầy đủ. Chúng ta có thể cải thiện sự mô tả của mình nếu như chúng ta biết chính xác cách thức người chơi phóng phi tiêu, góc của nó, chuyển động quay, và vân vân. Khi đó, trên nguyên tắc, chúng ta có thể dự đoán cái phi tiêu chạm đích ở đâu với độ chuẩn xác như chúng ta mong muốn. Chúng ta thường sử dụng khái niệm xác suất để mô tả kết cục của những sự kiện trong cuộc sống hàng ngày, vì thế, là một phản ánh không phải của bản chất nội tại của quá trình, mà là sự bỏ qua của chúng ta đối với những phương diện nhất định của nó.

Xác suất trong lí thuyết lượng tử thì khác. Chúng phản ánh một tính ngẫu nhiên cơ bản trong tự nhiên. Mô hình lượng tử của tự nhiên chứa đựng những nguyên lí mâu thuẫn không những với kinh nghiệm hàng ngày của chúng ta mà còn với quan niệm trực giác của chúng ta về thực tại. Những ai thấy những nguyên lí đó lạ lẫm và khó tin tưởng là thuộc một nhóm vĩ đại, nhóm gồm những nhà vật lí lớn như Einstein và cả Feynman, người có mô tả của thuyết lượng tử mà chúng ta sẽ sớm tìm hiểu tới. Thật vậy, Feynman từng viết như thế này, "Tôi nghĩ mình có thể phát biểu một cách an toàn rằng chẳng có ai hiểu nổi cơ học lượng tử". Nhưng vật lí lượng tử phù hợp với quan sát. Nó chưa bao giờ thất bại trong một kiểm tra nào, và nó được kiểm tra nhiều hơn bất kì lí thuyết nào khác trong khoa học.

Vào thập niên 1940, Richard Feynman đã có một cái nhìn sâu sắc đến bất ngờ về sự khác biệt giữa thế giới lượng tử và thế giới Newton. Feynman bị kích thích bởi câu hỏi hình ảnh giao thoa trong thí nghiệm hai khe phát sinh như thế nào. Hãy nhớ lại kiểu phân bố chúng ta tìm thấy khi chúng ta bắn các phân tử vào cả hai khe mở không bằng tổng những phân bố mà chúng ta tìm thấy khi cho chạy thí nghiệm hai lần, một lần chỉ cho khe này mở, và một lần chỉ cho khe kia mở. Thay vào đó, khi cả hai khe đều mở chúng ta tìm thấy một loạt dải sáng và tối, dải tối là những vùng trong đó chẳng có hạt nào tiếp đất hết. Điều đó có nghĩa là các hạt sẽ tiếp đất ở chỗ dải tối nếu, nói thí dụ, chỉ một khe được mở, không tiếp đất khi cả hai khe cùng mở. Điều đó trông như là, ở đâu đó trên hành trình của chúng từ nguồn đến màn hứng, các hạt cần có thông tin về cả hai khe. Loại hành trạng như thế khác hoàn toàn với phương thức những vật khác hành xử trong cuộc sống hàng ngày, trong đó một quả bóng sẽ đi theo một quỹ đạo xuyên qua một trong hai khe và không bị ảnh hưởng bởi tình trạng ở khe bên kia.

Theo vật lí học Newton – và theo hướng thí nghiệm sẽ xảy ra nếu chúng ta thực hiện nó với những quả bóng đá thay cho các phân tử - mỗi hạt đi theo một lộ trình rạch ròi từ nguồn của nó đến màn hứng. Trong bức tranh này không có chỗ cho một con đường vòng trong đó hạt đến viếng láng giềng của từng khe trên hành trình đó. Tuy nhiên, theo mô hình lượng tử, người ta nói hạt không có vị trí xác định trong thời gian nó nằm giữa điểm xuất phát và điểm đích. Feynman nhận ra rằng người ta không phải giải thích điều đó có nghĩa là hạt *không* có quỹ đạo khi chúng đi giữa nguồn và màn hứng. Thay

vào đó, hạt sẽ có *mọ i* quỹ đạo khả dĩ nối giữa những điểm đó. Feynman khẳng định đây là cái làm cho vật lí lượng tử khác với vật lí Newton. Tình huống đó xảy ra ở cả hai khe bởi vì, thay vì đi theo một quỹ đạo xác định, hạt nhận lấy mọi quỹ đạo, và đi qua hai khe đồ *ng thờ i*! Điều đó nghe tựa như khoa học viễn tưởng, nhưng không phải vậy. Feynman đã thiết lập một biểu diễn toán học – phép lấy tổng Feynman theo lịch sử – phản ứng quan niệm này và tái dựng tất cả các định luật của vật lí lượng tử. Trong lí thuyết Feynman, cơ sở toán học và bức tranh vật lí khác với dạng nguyên bản của vật lí lượng tử, nhưng các tiên đoán thì giống như nhau.



Trong thí nghiệm hai khe, quan điểm của Feynman là các hạt nhận đường đi chỉ qua khe này hoặc chỉ qua khe kia; đường đi rải qua khe thứ nhất, đi về qua khe thứ hai, và sau đó qua khe thứ nhất trở lại; đường đi đến nhà hàng phục vụ món tôm cà ri xong sau đó quay quanh Mộc tinh vài vòng rồi trở về nhà;

thậm chí đường đi băng qua cả vũ trụ rồi trở về. Theo quan điểm của Feynman, điều này lí giải làm thế nào hạt cần thông tin về khe nào đang mở – nếu một khe đang mở, thì hạt chọn đường đi qua khe đó. Khi cả hai khe đang mở, thì những đường đi trong đó hạt chuyển động qua khe này có thể giao thoa với những đường đi trong đó hạt chuyển động qua khe kia, gây ra sự giao thoa. Nghe có vẻ kì quặc, nhưng với mục đích của đa số lĩnh vực vật lí hạt cơ bản ngày nay – và với những mục đích của tập sách này – thì cách lí giải của Feynman tỏ ra có ích hơn cách lí giải ban đầu.

Đường đi của hạt. Nền tảng thuyết lượng tử của Feynman mang lại một bức tranh lí giải tại sao các hạt như bóng bucky và electron tạo ra hình ảnh giao thoa khi chiếu chúng qua hai khe lên một màn hứng.

Quan điểm thực tại lượng tử của Feynman là quan trọng trong việc tìm hiểu

những lí thuyết chúng ta sẽ sớm nói tới sau đây, vì thế chúng ta nên dành thời gian để có một chút cảm nhận xem nó hoạt động như thế nào. Hãy tưởng tượng một quá trình đơn giản trong đó một hạt bắt đầu tại vị trí A nào đó và chuyển động tự do. Theo mô hình Newton, hạt sẽ đi theo một đường thẳng. Sau một thời gian chính xác nhất định trôi qua, chúng ta sẽ tìm thấy hạt tại một vị trí B chính xác nào đó trên đường thẳng đó. Theo mô hình Feynman, một hạt lượng tử nhận mỗi đường đi nối từ A đến B, thu một con số gọi là pha cho mỗi đường đi. Pha đó biểu diễn vị trí trong chu kì của một sóng, nghĩa là sóng đó đang ở đỉnh hay ở hõm, hay ở một vị trí lưng chừng nào đó. Giản đồ toán học của Feynman tính ra pha đó cho thấy khi bạn cộng hết các sóng từ mọi đường đi, bạn thu được "biên độ xác suất" mà hạt, bắt đầu từ A, sẽ đi tới B. Khi đó, bình phương của biên độ xác suất đó cho biết xác suất đúng hạt sẽ đi tới B.

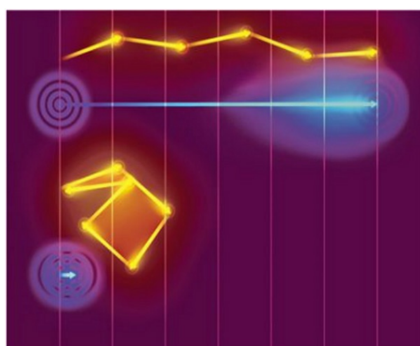
Pha mà mỗi đường đi đóng góp vào tổng Feynman (và do đó góp vào xác suất đi từ A đến B) có thể hình dung là một mũi tên có chiều dài cố định nhưng có thể hướng theo mọi chiều. Để cộng hai pha, bạn đặt vector biểu diễn pha này vào cuối vector biểu diễn pha kia, để có một mũi tên mới biểu diễn tổng vector.

Lưu ý khi hai pha cùng chiều thì mũi tên biểu diễn tổng có thể khá dài. Nhưng nếu chúng hướng theo chiều khác nhau, thì chúng có xu hướng triệt tiêu nhau khi bạn cộng chúng, cho một mũi tên tổng không dài cho lắm. Quan điểm được minh họa trong hình bên dưới.

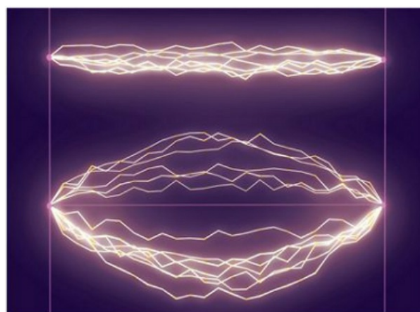
Để thực hiện giản đồ Feynman tính biên độ xác suất mà một hạt bắt đầu tại vị trí A sẽ đi tới vị trí B, bạn cộng các pha, hay các mũi tên, đi cùng với mỗi đường đi nối giữa A và B. Có một số vô hạn đường đi, làm cho cơ sở toán học hơi phức tạp một chút, nhưng hoàn toàn tính được. Một số đường đi được minh họa trong hình bên dưới.

Lí thuyết của Feynman mang lại một bức tranh đặc biệt rõ ràng lí giải làm thế nào bức tranh thế giới Newton có thể phát sinh từ vật lí lượng tử, cái trông rất khác biệt. Theo lí thuyết Feynman, pha đi cùng với mỗi đường đi phụ thuộc vào hằng số Planck. Lí thuyết Feynman tuyên bố rằng vì hằng số Planck là quá nhỏ, nên khi bạn cộng sự đóng góp từ những đường đi ở gần nhau, các pha thường biến thiên rất nhiều, và vì thế, như thể hiện trong hình trên, chúng

có xu hướng cộng lại bằng không. Nhưng lí thuyết trên cũng cho biết có những đường đi nhất định với chúng các pha có xu hướng cùng chiều nhau, và vì thế những đường đi đó được ưu tiên; nghĩa là chúng cho sự đóng góp lớn hơn đối với hành trạng quan sát thấy của hạt. Hóa ra đối với những vật lớn, những đường đi rất giống với đường đi do lí thuyết Newton tiên đoán sẽ có pha giống nhau và cộng lại sẽ cho đóng góp lớn nhất đối với tổng, và chỉ đích đến nào có xác suất hiệu dụng lớn hơn không là đích đến tiên đoán bởi lí thuyết Newton, và đích đến đó có xác suất rất gần bằng một. Vì thế, những vật lớn chuyển động giống hệt như lí thuyết Newton tiên đoán chúng sẽ chuyển động như vậy.



Cộng các đường đi Feynman. Tác dụng của những đường đi Feynman khác nhau có thể tăng cường hoặc triệt tiêu lẫn nhau giống như các sóng vậy. Những mũi tên màu vàng biểu diễn pha được cộng. Những đường màu xanh biểu diễn tổng của chúng, một đường từ đuôi của mũi tên thứ nhất đến ngọn của mũi tên sau cùng. Trong hình bên dưới, các mũi tên hướng theo những chiều khác nhau nên tổng của chúng, đường màu xanh, rất ngắn.



Những đường đi từ A đến B. Đường đi “cổ điển” giữa hai điểm là một đường thẳng. Pha của những đường đi nằm gần đường đi cổ điển có xu hướng tăng cường nhau, còn pha của những đường đi ở xa nó có xu hướng triệt tiêu nhau.

Cho đến đây, chúng ta đã trình bày quan điểm của Feynman trong ngữ cảnh của thí nghiệm hai khe. Trong thí nghiệm đó, các hạt bị bắn về phía một bức tường có hai khe hở, và chúng ta đo vị trí, trên một màn hứng đặt phía sau tường, mà các hạt sẽ đi tới. Tổng quát hơn, thay cho một hạt đơn lẻ, lí thuyết Feynman cho phép chúng ta dự đoán những kết cục khả dĩ của một "hệ" , đó có thể là một hạt, một tập hợp hạt, hoặc thậm chí toàn bộ vũ trụ. Giữa trạng thái ban đầu của hệ và phép đo sau đó của chúng ta về những tính chất của nó, những tính chất đó diễn tiến theo một số kiểu, cái các nhà vật lí gọi là lịch sử của hệ. Chẳng hạn, trong thí nghiệm hai khe, lịch sử của hạt đơn giản là đường đi của nó. Giống như trong thí nghiệm hai khe, khả năng quan sát thấy hạt tiếp đất ở bất kì điểm nào cho trước phụ thuộc vào mọi đường đi có thể đưa nó đến đó, Feynman cho biết rằng, đối với một hệ tổng quát, xác suất của bất kì quan sát nào được xây dựng từ mọi lịch sử khả dĩ có thể đưa đến quan sát đó. Vì thế phương pháp của ông của ông được gọi là "lấy tổng theo lịch sử" hay giản đồ "những lịch sử khác" của vật lí lượng tử.

Giờ chúng ta đã có một sự cảm nhận về cách tiếp cận vật lí lượng tử của Feynman, đã đến lúc khảo sát một nguyên lí lượng tử chủ chốt khác mà chúng 56

ta sẽ sử dụng sau này – nguyên lí rằng việc quan sát một hệ phải làm biến đổi tiến trình của nó. Có phải chúng ta không thể quan sát kín đáo mà không quấy rầy, như chúng ta làm khi thầy cố vấn của mình có dính đốm tương ớt trên cằm?

Không. Theo vật lí lượng tử, bạn không thể "chỉ việc" quan sát cái gì đó. Nghĩa là, vật lí lượng tử công nhận rằng để thực hiện một quan sát, bạn phải tương tác với vật mà bạn đang quan sát. Thí dụ, để nhìn một vật theo nghĩa truyền thống, chúng ta chiếu ánh sáng lên nó. Chiếu ánh sáng lên một quả bí ngô tất nhiên sẽ có chút tác động lên nó. Nhưng cho dù chiếu ánh sáng mờ nhạt lên một hạt lượng tử nhỏ xíu – tức là bắn photon lên nó – thật sự có tác dụng đáng kể, và những thí nghiệm cho thấy nó làm thay đổi kết quả của thí nghiệm giống như cách vật lí lượng tử mô tả.

Giả sử, như trước đây, chúng ta gửi một dòng hạt về phía rào chắn trong thí nghiệm hai khe và thu dữ liệu về triệu hạt đầu tiên đi qua. Khi chúng ta vẽ đồ thị số hạt đi tới ở những điểm phát hiện khác nhau, dữ liệu sẽ mang lại hình

ảnh giao thoa, và khi chúng ta cộng dồn các pha đi cùng với những đường đi có thể có từ điểm xuất phát A của một hạt đến điểm phát hiện B của nó, chúng ta sẽ thấy xác suất chúng ta tính cho sự đi tới ở những điểm khác nhau phù hợp với dữ liệu đó.

Giờ hãy giả sử chúng ta lặp lại thí nghiệm trên, lần này là chiếu ánh sáng lên hai khe sao cho chúng ta biết một điểm trung gian, C, qua đó hạt đã đi qua.

(C là vị trí của một trong hai khe) Đây gọi là thông tin "đường đi nào" vì nó cho chúng ta biết từng hạt đi từ A đến khe 1 đến B, hay đi từ A đến khe 2 đến B. Vì giờ chúng ta đã biết mỗi hạt đi qua khe nào, nên các đường đi trong phép lấy tổng của chúng ta cho hạt đó giờ sẽ chỉ bao gồm những đường đi truyền qua khe 1, hoặc những đường đi truyền qua khe 2. Nó sẽ không bao giờ bao gồm cả những đường đi qua khe 1 và những đường đi qua khe 2. Vì Feynman giải thích hình ảnh gioa thoa đó bằng cách nói rằng những đường đi qua khe này giao thoa với những đường đi qua khe kia, cho nên nếu bạn bật bóng đèn để xác định khe nào mà các hạt đi qua, từ đó loại trừ lựa chọn kia, bạn sẽ làm cho hình ảnh giao thoa đó biến mất. Và thật vậy, khi thí nghiệm được thực hiện, việc bật bóng đèn làm thay đổi kết quả từ hình ảnh giao thoa đến một hình ảnh giống như thế! Hơn nữa, chúng ta có thể thay đổi thí nghiệm bằng cách sử dụng ánh sáng yếu đến mức không phải tất cả các hạt đều tương tác với ánh sáng. Trong trường hợp đó, chúng ta có thể thu được thông tin đường đi nào chỉ cho một số tập con của các hạt. Sau đó, nếu chúng ta chia dữ liệu về điểm tới của hạt theo hoặc không theo thông tin đường đi nào mà chúng ta thu được, chúng ta nhận thấy dữ liệu gắn liền với tập con mà chúng ta không có thông tin đường đi nào sẽ tạo ra một hình ảnh giao thoa, và tập con dữ liệu đi liền với những hạt mà chúng ta có thông tin đường đi nào sẽ không thể hiện sự giao thoa.

Quan điểm này có những hàm ý quan trọng cho khái niệm "quá khứ" của chúng ta. Trong lí thuyết Newton, quá khứ được cho là tồn tại dưới dạng một chuỗi hữu hạn những sự kiện. Nếu bạn nhìn thấy cái lọ bạn mua ở Italy hồi năm ngoái nằm vỡ trên sàn nhà và đứa con mới chập chững biết đi của bạn đang đứng nhìn nó một cách ngượng ngùng, thì bạn có thể lần ngược các sự kiện dẫn tới sự rủi ro đó: những ngón tay bé xíu mân mê, cái lọ rơi xuống và vỡ thành cả nghìn mảnh. Thật vậy, cho trước toàn bộ dữ kiện về hiện tại, các định luật Newton cho phép người ta tính ra một bức tranh hoàn chỉnh của quá

khứ. Điều này phù hợp với trực giác của chúng ta rằng, cho dù đau khổ hay hân hoan, thế giới có một quá khứ rõ ràng. Có thể chẳng có ai đang quan sát, nhưng quá khứ tồn tại chắc chắn như thể bạn có một loạt ảnh chụp nhanh của nó. Nhưng người ta không thể nói một quả bóng bucky lượng tử nhận một đường đi rõ ràng từ nguồn phát đến màn hứng. Chúng ta có thể định vị trí của quả bóng bucky bằng cách quan sát nó, nhưng trong khoảng giữa những quan sát của chúng ta, nó nhận hết mọi đường đi. Vật lí lượng tử cho chúng ta biết rằng cho dù quan sát của chúng ta về hiện tại có triệt để như thế nào, thì quá khứ (chưa quan sát) , giống như tương lai, là không xác định, và chỉ tồn tại dưới dạng một phổ xác suất. Theo vật lí lượng tử, vũ trụ không có một quá khứ, hay một lịch sử đơn nhất.

Thực tế quá khứ có dạng không rõ ràng nghĩa là những quan sát bạn thực hiện trên một hệ trong hiện tại ảnh hưởng đến quá khứ của nó. Điều đó được nhấn mạnh hơn bởi một loại thí nghiệm tưởng tượng do nhà vật lí John Wheeler nghĩ ra gọi là thí nghiệm chọn-trễ. Dưới dạng giản đồ, thí nghiệm chọn-trễ tựa như thí nghiệm hai khe mà chúng ta vừa mô tả, trong đó bạn phải chọn quan sát đường đi mà hạt nhận, ngoại trừ ở chỗ trong thí nghiệm chọn-trễ bạn hoãn đưa ra quyết định của mình nên quan sát hay không quan sát đường đi đó cho đến ngay trước lúc hạt chạm tới màn hứng.

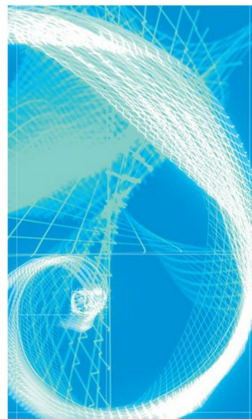
Những thí nghiệm chọn-trễ mang lại dữ liệu giống với dữ liệu chúng ta thu được khi chúng ta chọn quan sát (hoặc không quan sát) thông tin đường đi nào bằng cách nhìn vào chính hai khe. Nhưng trong trường hợp này, đường đi mà mỗi hạt chọn – nghĩa là quá khứ của nó – được xác định lâu sau khi nó đi qua hai khe và có lẽ phải “quyết định” đi qua chỉ một khe, không tạo ra giao thoa, hoặc đi qua cả hai khe, tạo ra giao thoa.

Wheeler còn xét một phiên bản vũ trụ của thí nghiệm trên, trong đó các hạt là những photon phát ra bởi những quasar mạnh ở xa hàng tỉ năm ánh sáng.

Ánh sáng như thế có thể bị tách thành hai đường đi và tập trung trở lại về phía trái đất bởi sự hội tụ hấp dẫn của một thiên hà nằm ở giữa. Mặc dù thí nghiệm trên nằm ngoài tầm với của công nghệ hiện nay, nhưng nếu chúng ta có thể thu gom đủ số photon từ ánh sáng này, thì chúng phải tạo ra một hệ vân giao thoa.

Nhưng nếu chúng ta đặt một dụng cụ để đo thông tin đường đi nào ngay trước khi phát hiện, thì hệ vân đó sẽ biến mất. Sự chọn lựa đi theo một đường hay cả hai đường trong trường hợp này đã được tiến hành cách nay hàng tỉ năm, trước khi trái đất, hoặc có lẽ trước cả mặt trời của chúng ta hình thành, và với sự quan sát của chúng ta trong phòng thí nghiệm, chúng ta sẽ đang làm ảnh hưởng đến sự chọn lựa đó.

Trong chương này, chúng ta đã minh họa nền vật lí lượng tử bằng thí nghiệm hai khe. Trong phần tiếp theo, chúng ta sẽ áp dụng giản đồ Feynman của cơ học lượng tử cho toàn bộ vũ trụ xét như một tổng thể. Chúng ta sẽ thấy rằng, giống như một hạt, vũ trụ không hề có một lịch sử đơn nhất, mà mọi lịch sử đều là có thể, mỗi lịch sử có một xác suất riêng của nó; và những quan sát của chúng ta về trạng thái hiện nay của nó làm ảnh hưởng đến quá khứ của nó và xác định những lịch sử khác nhau của vũ trụ, giống hệt như những quan sát hạt trong thí nghiệm hai khe làm ảnh hưởng đến quá khứ của hạt. Phân tích đó sẽ cho thấy các định luật của tự nhiên trong vũ trụ của chúng ta phát sinh như thế nào từ Big Bang. Nhưng trước khi chúng ta khảo sát những định luật đó phát sinh như thế nào, chúng ta nên nói một chút xem những định luật đó là gì và một số bí ẩn mà chúng khêu nên.



5 - Lí thuyết của tất cả

Cái khó hiể u nhấ t về vũ trụ là nó có thể hiể u được.

- Albert Einstein

Vũ trụ là có thể hiểu được vì nó bị chi phối bởi những định luật khoa học; đó là, nói thí dụ, hành trạng của nó có thể được lập mô hình. Nhưng những định luật hay những mô hình này là gì? Lực đầu tiên được mô tả theo ngôn ngữ toán học là lực hấp dẫn. Định luật vạn vật hấp dẫn của Newton, công bố vào năm 1687, phát biểu rằng mỗi vật trong vũ trụ hút lấy mỗi vật khác với một lực tỉ lệ với khối lượng của nó. Nó tạo ra một dấu ấn lớn đối với sự sống thông minh thuộc kỉ nguyên của nó vì nó lần đầu tiên cho thấy rằng ít nhất một phương diện của vũ trụ là có thể được lập mô hình chính xác, và nó xác lập cơ sở toán học để làm như thế. Quan điểm là có những định luật tự nhiên mang lại những vấn đề tương tự như những vấn đề mà vì chúng Galileo bị kết án dị giáo hồi 50 năm trước đó. Chẳng hạn, Kinh thánh kể lại câu chuyện Joshua cầu nguyện cho mặt trời và mặt trăng dừng lại trên quỹ đạo của chúng để ông có thêm ánh sáng ban ngày hoàn thành trận đấu với người Amorite ở Canaan. Theo sách vở của Joshua, mặt trời đứng lại trong thời gian khoảng một ngày. Ngày nay, chúng ta biết rằng điều đó sẽ có nghĩa là trái đất ngừng quay. Nếu như trái đất dừng lại, thì theo các định luật Newton, những thứ không gắn liền với mặt đất bên dưới sẽ vẫn chuyển động ở tốc độ ban đầu của trái đất (1100 dặm mỗi giờ tại xích đạo) – một cái giá cao phải trả cho mặt trời lặn muộn. Không có nội dung nào trong số này khiến bản thân Newton lo lắng, vì như chúng ta đã nói, Newton tin rằng Chúa có thể và thật sự đã can thiệp vào sự hoạt động của vũ trụ.

Những phương diện tiếp theo của vũ trụ mà một định luật hay mô hình đã khám phá ra là lực điện và lực từ. Những lực này hành xử giống như lực hấp dẫn, với sự khác biệt quan trọng là hai điện tích cùng dấu hoặc hai nam châm cùng loại thì đẩy lẫn nhau, còn những điện tích trái dấu hoặc nam châm khác loại thì hút nhau. Lực điện và lực từ mạnh hơn lực hấp dẫn nhiều lần, nhưng chúng ta thường không để ý đến chúng trong cuộc sống hàng ngày vì một vật thể vĩ mô chứa số lượng điện tích dương và điện tích âm gần như bằng nhau.

Điều này có nghĩa là lực điện và lực từ giữa hai vật vĩ mô gần như triệt tiêu lẫn nhau, không giống như lực hấp dẫn, chúng luôn cộng dồn lại.

Quan niệm hiện nay của chúng ta về điện và từ đã được phát triển trong thời gian khoảng một trăm năm từ giữa thế kỉ 18 đến giữa thế kỉ 19, khi các nhà vật lí ở một số nước đã tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm chi tiết về lực điện và lực từ. Một trong những khám phá quan trọng nhất là lực điện và lực từ có liên quan với nhau: Một điện tích đang chuyển động tác dụng một lực lên nam châm, và một nam châm đang chuyển động tác dụng lực lên điện tích.

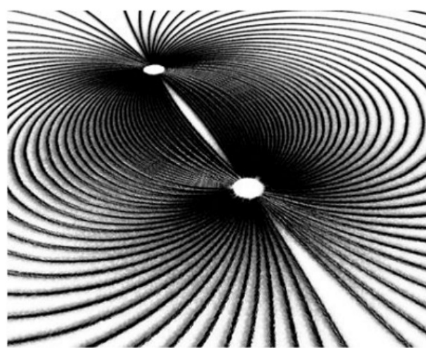
Người đầu tiên nhận ra có một số liên hệ đó là nhà vật lí người Đan Mạch Hans Christian Ørsted. Trong khi chuẩn bị cho một bài giảng tại trường đại học vào năm 1820, Ørsted để ý thấy dòng điện do nguồn mà ông đang sử dụng làm lệch một kim nam châm ở gần đó. Ông sớm nhận ra rằng một dòng điện đang chạy gây ra một lực từ, và đã đặt ra thuật ngữ “lực điện từ”. Một vài năm sau đó, nhà khoa học người Anh Micheal Faraday đã lí giải rằng – nói theo ngôn ngữ hiện đại – nếu một dòng điện có thể gây ra một từ trường, thì một từ trường sẽ có thể tạo ra một dòng điện. Ông chứng minh hiệu ứng đó vào năm 1831. Mười bốn năm sau đó, Faraday còn phát hiện ra một mối liên hệ giữa điện từ trường và ánh sáng khi ông chứng minh rằng từ trường mạnh có thể ảnh hưởng đến bản chất của ánh sáng phân cực.

Faraday không được học hành gì nhiều. Ông sinh ra trong một gia đình thợ rèn nghèo khó ở gần London và phải nghỉ học lúc 13 tuổi đi làm cậu bé sai vặt và thợ đóng sách tại một cửa hàng sách. Theo năm tháng, tại cửa hàng đó ông đã học khoa học bằng cách đọc những quyển sách mà ông gia công, và bằng cách tiến hành những thí nghiệm đơn giản và rẻ tiền trong thời gian rảnh rỗi. Cuối cùng, ông được nhận làm trợ lí trong một phòng thí nghiệm của nhà hóa học vĩ đại, Humphry Davy. Faraday làm việc ở đó trong 40 năm cuộc đời và, sau khi Davy qua đời, nối nghiệp Davy. Faraday gặp khó với toán học và chưa bao giờ học nhiều về toán, nên ông phải vật vã hình thành bức tranh lí thuyết của hiện tượng điện từ kì lạ mà ông quan sát thấy trong phòng thí nghiệm của mình. Tuy nhiên, ông đã làm được.

Một trong những đổi mới tư duy vĩ đại nhất của Faraday là quan niệm các trường lực. Ngày nay, nhờ sách vở và phim ảnh về những người ngoài hành

tinh mắt lồi cùng phi thuyền vũ trụ của họ, đa số mọi người đã quen thuộc với thuật ngữ trên, nên có lẽ ông sẽ được tán dương đúng mức. Nhưng vào những thế kỉ lưng chừng giữa Newton và Faraday, một trong những bí ẩn lớn của vật lí học là những định luật của nó dường như cho thấy các lực tác dụng xuyên qua không gian trống rỗng phân cách những vật đang tương tác. Faraday không thích điều đó. Ông tin rằng để di chuyển một vật, phải có cái gì đó đi tới tiếp xúc với nó. Và vì thế ông tưởng tượng không gian giữa các điện tích và nam châm đang chứa đầy những cái ống vô hình làm công việc hút và đẩy. Faraday gọi những cái ống đó là trường lực. Một cách dễ hình dung trường lực là tiến hành một thí nghiệm trình diễn trong lớp học trong đó một tấm thủy tinh được đặt trên một thanh nam châm và rải mạt sắt lên trên tấm thủy tinh. Với vài cái gõ nhẹ để thắng lực ma sát, mạt sắt di chuyển như thế bị thúc bởi một sức mạnh không nhìn thấy và tự sắp xếp lại thành những cung đi từ cực này của nam châm đến cực kia. Hình ảnh đó là một bản đồ của lực từ không nhìn thấy tràn ngập khắp không gian. Ngày nay, chúng ta tin rằng tất cả các lực được truyền bởi trường lực, cho nên nó là một khái niệm quan trọng trong vật lí hiện đại –

cũng như trong truyện khoa học viễn tưởng.



Trường lực. Trường lực của một thanh nam châm, như minh họa bởi tác dụng của mạt sắt.

Trong hàng thập kỉ, kiến thức điện từ học của chúng ta vẫn giậm chân tại chỗ, thực chất không gì hơn ngoài kiến thức về một vài định luật theo lối kinh nghiệm: gợi ý rằng lực điện và lực từ có liên quan gần gũi, nếu không nói là bí ẩn; quan niệm rằng chúng có một liên hệ gì đó với ánh sáng; và những quan điểm sơ khai về khái niệm trường. Ít nhất có đến 11 lí thuyết điện từ học tồn tại, mỗi một trong số chúng đều có kẽ hở. Sau đó, trong thời gian tính

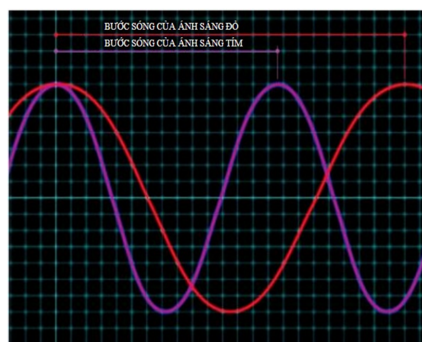
theo đơn vị năm trong thập niên 1860, nhà vật lí người Scotland James Clerk Maxwell đã phát triển suy nghĩ của Faraday thành một khuôn khổ toán học giải thích mối liên hệ mật thiết và bí ẩn giữa điện, từ và ánh sáng. Kết quả là một hệ phương trình mô tả lực điện và lực từ dưới dạng những bộ mặt khác nhau của cùng một thực thể vật lí, đó là trường điện từ. Maxwell còn thống nhất lực điện và lực từ thành một lực. Ngoài ra, ông còn chứng minh rằng trường điện từ có thể truyền đi trong không gian dưới dạng sóng. Tốc độ của sóng đó bị chi phối bởi một con số xuất hiện trong những phương trình của ông, cái ông đã tính ra từ số liệu thực nghiệm đã đo trước đó vài năm. Trước sự ngạc nhiên của ông, tốc độ mà ông tính được bằng với tốc độ của ánh sáng, giá trị khi đó đã được biết trên thực nghiệm với sai số 1%. Ông đã phát hiện ra bản thân ánh sáng là một sóng điện từ!

Ngày nay, các phương trình mô tả điện trường và từ trường được gọi là hệ phương trình Maxwell. Một số người đã nghe nói về chúng, nhưng có lẽ chúng là những phương trình thương mại quan trọng nhất mà chúng ta biết.

Chúng không những chi phối sự hoạt động của mọi thứ từ đồ điện gia dụng đến máy vi tính, mà chúng còn mô tả những sóng khác ngoài ánh sáng ra, thí dụ như vi sóng, sóng vô tuyến, ánh sáng hồng ngoại, và tia X. Toàn bộ những sóng này chỉ khác với ánh sáng nhìn thấy ở một phương diện – đó là bước sóng của chúng. Sóng vô tuyến có bước sóng một mét trở lên, còn ánh sáng nhìn thấy có bước sóng vài phần chục triệu của một mét, và tia X thì có bước sóng ngắn hơn một phần trăm triệu của một mét. Mặt trời của chúng ta phát ra mọi bước sóng, nhưng bức xạ của nó có cường độ mạnh nhất ở những bước sóng mà chúng ta có thể nhìn thấy. Có lẽ không có gì bất ngờ khi mà những bước sóng mà chúng ta có thể nhìn thấy bằng mắt trần là những bước sóng mà mặt trời phát ra mạnh nhất: Có lẽ mắt của chúng ta đã tiến hóa với khả năng phát hiện ra bức xạ điện từ trong ngưỡng đó một cách chính xác vì đó là vùng bức xạ có dồi dào nhất trước chúng. Nếu chúng ta bắt gặp sinh vật sống trên những hành tinh khác, thì có lẽ chúng sẽ có khả năng "nhìn" bức xạ ở bước sóng mà mặt trời của chúng phát ra mạnh nhất, biến đổi theo những đặc trưng chắn sáng của bụi và chất khí có mặt trong khí quyển của chúng. Vì thế, những người ngoài hành tinh đã tiến hóa trong sự có mặt của tia X có thể có sự khởi nghiệp tốt trong lĩnh vực an ninh hàng không.

Hệ phương trình Maxwell đòi hỏi sóng điện từ truyền đi ở tốc độ khoảng

300.000 km/s, hay khoảng 670 triệu dặm/giờ. Nhưng nếu bạn nêu ra một giá trị tốc độ thôi thì sẽ là vô nghĩa trừ khi bạn nêu rõ hệ quy chiếu tương đối mà tốc độ đó được đo. Đó không phải là cái bạn thường nghĩ tới trong cuộc sống hàng ngày. Khi biển báo tốc độ giới hạn ghi 60 dặm/giờ, thì người ta hiểu rằng tốc độ của bạn là đo tương đối so với mặt đường, chứ không phải so với lỗ đen tại tâm của Dải Ngân hà. Nhưng ngay cả trong cuộc sống hàng ngày, thỉnh thoảng vẫn có những trường hợp trong đó bạn phải nêu rõ hệ quy chiếu. Thí dụ, nếu bạn mang một tách cà phê lên gian bên của một máy bay phản lực đang bay, thì bạn có thể nói tốc độ của bạn là 2 dặm/giờ. Tuy nhiên, một ai đó ở trên mặt đất có thể nói bạn đang chuyển động ở tốc độ 572 dặm/giờ. Để bạn đừng nghĩ rằng người đó hoặc một người quan sát nào khác có sự khẳng định đúng hơn với thực tại, hãy nhớ trong đầu rằng vì trái đất quay xung quanh mặt trời, nên một người đang nhìn bạn từ bề mặt của thiên thể đó sẽ không tán thành với cả hai và sẽ nói bạn đang chuyển động ở tốc độ chừng 18 dặm/giờ, đó là chưa nói tới sự thèm muốn được hóng mát như bạn. Trong ánh sáng của những bất đồng như thế, khi Maxwell khẳng định phát hiện ra "tốc độ ánh sáng" hiện ra từ những phương trình của ông, câu hỏi tự nhiên xuất hiện là tốc độ của ánh sáng trong hệ phương trình Maxwell đo tương đối so với cái gì?



Bước sóng. Vi sóng, sóng vô tuyến, ánh sáng hồng ngoại, tia X – và những màu sắc khác nhau của ánh sáng – chỉ khác nhau ở bước sóng của chúng.

Có một lí do nữa để tin rằng thông số tốc độ trong hệ phương trình Maxwell là tốc độ đo tương đối so với trái đất. Nói chung, hệ phương trình của ông áp dụng được cho toàn bộ vũ trụ. Một câu trả lời khác từng được xét đến là hệ phương trình của ông xác định tốc độ ánh sáng tương đối so với một môi trường tràn ngập vũ trụ, trước đây chưa phát hiện ra, gọi là ê te truyền sáng, hay gọi cho đơn giản là ê te, đó là tên gọi do Aristotle đặt cho chất liệu mà

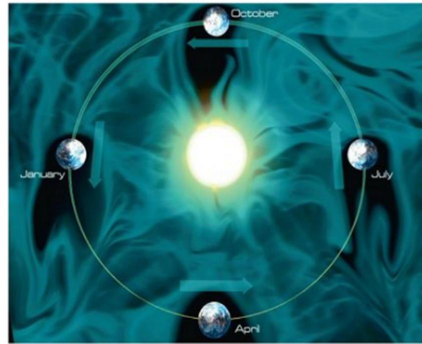
ông tin rằng choán đầy vũ trụ bên ngoài các thiên thể. Ê te giả thuyết này sẽ là môi 65

trường qua đó sóng điện từ truyền đi, giống như âm thanh truyền trong không khí. Nếu ê te tồn tại, thì sẽ có một chuẩn đứng yên tuyệt đối (nghĩa là đứng yên so với ê te) và vì thế sẽ có một phương pháp tuyệt đối định nghĩa sự chuyển động. Ê te sẽ cung cấp một hệ quy chiếu ưu tiên trong toàn cõi vũ trụ, dựa trên đó người ta đo tốc độ của mọi vật. Cho nên việc ê te được cho là tồn tại trên khuôn khổ lí thuyết khiến một số nhà khoa học đi tìm cách nghiên cứu nó, hay ít nhất là xác nhận sự tồn tại của nó. Một trong những nhà khoa học đó là bản thân Maxwell.

Nếu bạn chạy trong không khí về phía một sóng âm, thì sóng đó đi tới bạn nhanh hơn, còn nếu bạn chạy ra xa thì nó đi tới bạn chậm hơn. Tương tự như vậy, nếu như có ê te, thì tốc độ của ánh sáng sẽ thay đổi phụ thuộc vào chuyển động tương đối của bạn so với ê te. Thật vậy, nếu ánh sáng hoạt động theo kiểu giống như sóng âm, thì giống hệt như người ở trên máy bay siêu thanh sẽ không bao giờ nghe thấy bất kì âm thanh nào phát ra từ phía sau của máy bay, cho nên một người chạy đủ nhanh trong ê te sẽ có thể bỏ sóng ánh sáng lại đằng sau. Từ những xét đoán như vậy, Maxwell đã đề xuất một thí nghiệm. Nếu như có ê te, thì trái đất phải chuyển động trong nó khi quay xung quanh mặt trời. Và vì trái đất đang chuyển động trong tháng 1 ở hướng khác với hướng chuyển động trong tháng 4 hoặc tháng 7 chẳng hạn, nên người ta có thể quan sát một sự khác biệt nhỏ về tốc độ ánh sáng ở những thời điểm khác nhau của năm – xem hình bên dưới.

Maxwell đã tranh cãi tới cùng việc công bố ý tưởng của ông trên tập san *Biên niên c*ủ *a Hộ i Hoàng gia* với biên tập viên của tạp chí, người không nghĩ rằng thí nghiệm trên sẽ hoạt động. Nhưng vào năm 1879, không bao lâu trước khi qua đời vì chứng bệnh ung thư dạ dày đầy đau đớn, Maxwell có gửi một lá thư nêu vấn đề trên với một người bạn. Lá thư được công bố muộn trên tạp chí *Nature*, và nó đã được đọc bởi nhiều nhà vật lí, trong đó có một người Mĩ tên là Albert Michelson. Được truyền cảm hứng bởi lập luận của Maxwell, vào năm 1887. Michelson và Edward Morley đã tiến hành một thí nghiệm rất nhạy được thiết kế để đo tốc độ trái đất chuyển động trong ê te. Ý tưởng của họ là so sánh tốc độ của ánh sáng ở hai hướng khác nhau, vuông góc với nhau. Nếu tốc độ ánh sáng là một con số cố định so với ê te, thì phép đo sẽ

cho thấy các tốc độ ánh sáng khác nhau phụ thuộc vào hướng của chùm tia. Nhưng Michelson và Morley quan sát không thấy sự khác biệt nào hết.



Chuyển động trong ê te. Nếu chúng ta đang chuyển động trong ê te, thì chúng ta phải có thể phát hiện ra chuyển động đó bằng cách quan sát sự biến thiên tốc độ ánh sáng theo mùa.

Kết quả của thí nghiệm Michelson và Morley rõ ràng mâu thuẫn với mô hình sóng điện từ truyền đi trong ê te, và khiến mô hình ê te bị nghi ngờ. Nhưng mục đích của Michelson là đo tốc độ của trái đất so với ê te, chứ không chứng minh hoặc bác bỏ giả thuyết ê te, và cái ông tìm thấy không đưa ông đến kết luận rằng ê te không tồn tại. Cũng chẳng có ai khác đưa ra kết luận đó. Thật vậy, nhà vật lí nổi tiếng William Thomson (huân tước Kelvin) phát biểu vào năm 1884 rằng ê te là “chất liệu duy nhất chúng ta tin tưởng về mặt động lực học. Một cái chúng ta chắc chắn, đó là thực tại và tính thực chất của ê te truyền sáng”.

Làm thế nào bạn có thể tin vào ê te bất chấp các kết quả của thí nghiệm Michelson-Morley? Nhưng như chúng ta đã nói thường xuyên xảy ra, người ta cố gắng bảo vệ mô hình cũ bằng cách chắp vá hoặc bổ sung đặc biệt. Một số người cho rằng trái đất kéo ê te theo cùng với nó, cho nên chúng ta không thật sự chuyển động so với nó. Nhà vật lí người Hà Lan Hendrik Antoon Lorentz và nhà vật lí người Ireland George Francis FitzGerald đề xuất rằng trong một hệ quy chiếu đang chuyển động so với ê te, có lẽ do một số hiệu ứng cơ chưa biết, 67

nên thời gian sẽ chậm đi và khoảng cách thì co lại, vì thế người ta sẽ đo ánh sáng có tốc độ như cũ. Những nỗ lực như thế nhằm cứu lấy khái niệm ê te tiếp tục diễn ra trong gần hai mươi năm cho đến khi xuất hiện một bài báo nổi

bật của một viên thư kí trẻ không tên tuổi tại một sở cấp bằng sáng chế ở Berne, tên gọi là Albert Einstein.

Vào năm 1905, Einstein mới 26 tuổi khi ông công bố bài báo của mình “*Về đ iệ n độ ng lự c họ c củ a nhữ ng vậ t đ ang chuyể n độ ng*”. Trong bài báo đó, ông đã nêu ra giả thuyết đơn giản rằng các định luật vật lí và đặc biệt là tốc độ ánh sáng sẽ xảy ra như nhau đối với mọi nhà quan sát đang chuyển động đều.

Quan niệm này, hóa ra, đã thúc đẩy một cuộc cách mạng nhận thức của chúng ta về không gian và thời gian. Để thấy nguyên do, hãy tưởng tượng hai sự kiện xảy ra tại cùng một vị trí, nhưng ở những thời điểm khác nhau, trên một máy bay phản lực. Đối với một người quan sát ở trên máy bay, sẽ có khoảng cách bằng không giữa hai sự kiện đó. Nhưng đối với một người quan sát thứ hai ở trên mặt đất, thì hai sự kiện cách nhau bằng quãng đường mà máy bay đi được trong thời gian giữa hai sự kiện đó. Điều này cho thấy hai người quan sát đang chuyển động tương đối với nhau sẽ không thống nhất về khoảng cách giữa hai sự kiện.

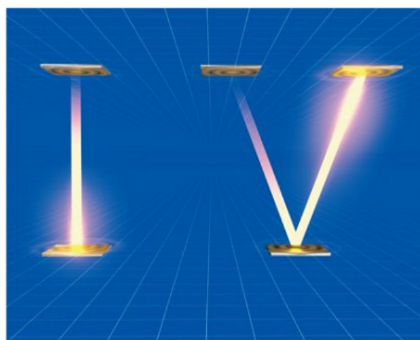
Bây giờ giả sử hai người quan sát cùng quan sát một xung ánh sáng truyền đi từ đuôi của máy bay đến mũi của nó. Giống như trong thí dụ trên, họ sẽ không thống nhất về quãng đường mà ánh sáng đã đi từ lúc phát ra nó tại đuôi máy bay đến lúc nó đi tới mũi máy bay. Vì tốc độ là quãng đường đi chia cho thời gian đi, cho nên điều này có nghĩa là nếu họ thống nhất về tốc độ các xung truyền đi – tốc độ ánh sáng – thì họ sẽ không thống nhất về khoảng thời gian giữa lúc phát và lúc nhận.

Cái làm cho kì lạ là mặc dù hai người quan sát đo thời gian khác nhau, nhưng họ đang quan sát *cùng mộ t hiệ n tượ ng vậ t lí*. Einstein không cố gắng xây dựng một lời giải thích nhân tạo cho hiện tượng này. Ông nêu ra kết luận hợp lí, nếu không nói là sửng sốt, rằng phép đo thời gian diễn ra, giống như phép đo quãng đường đi, phụ thuộc vào người quan sát đang thực hiện phép đo. Hiệu ứng đó là một trong những nội dung then chốt cho lí thuyết trong bài báo năm 1905 của Einstein, cái sau này trở nên nổi tiếng là thuyết tương đối hẹp.



Máy bay phản lực. Nếu bạn cho bật một quả bóng trên máy bay, thì một người quan sát trên máy bay có thể xác định nó chạm sàn đúng tại chỗ cũ sau mỗi lần nảy lên, còn một người quan sát ở trên mặt đất sẽ đo được những khoảng cách lớn hơn giữa những điểm nảy lên đó.

Chúng ta có thể thấy phân tích này có thể ảnh hưởng như thế nào đối với những dụng cụ đo thời gian nếu chúng ta xét hai người quan sát đang nhìn vào một cái đồng hồ. Thuyết tương đối hẹp cho rằng đồng hồ đó chạy nhanh hơn đối với người quan sát đang đứng yên so với đồng hồ. Đối với người quan sát không đứng yên so với đồng hồ, chiếc đồng hồ chạy chậm hơn. Nếu chúng ta ví một xung ánh sáng truyền từ đuôi đến mũi của máy bay với tiếng gõ của một chiếc đồng hồ, thì ta thấy đối với một người quan sát trên mặt đất, cái đồng hồ chạy chậm đi vì chùm ánh sáng phải đi một quãng đường lớn hơn trong hệ quy chiếu đó. Nhưng hiệu ứng trên không phụ thuộc vào cơ chế hoạt động của đồng hồ; nó đúng đối với mọi đồng hồ, kể cả đồng hồ sinh học của chúng ta.



Thời gian dãn nở. Đồng hồ đang chuyển động thì chạy chậm đi. Vì hiệu ứng này cũng áp dụng với đồng hồ sinh học, nên những người đang chuyển động sẽ già đi chậm hơn, nhưng bạn đừng hi vọng gì nhiều nhé - ở tốc độ hàng ngày, không có đồng hồ bình thường nào đo được sự khác biệt đó.

Công trình của Einstein cho thấy rằng, giống như khái niệm đứng yên, thời gian không thể là tuyệt đối như Newton nghĩ. Nói cách khác, không thể gán cho mỗi sự kiện một thời gian mà mọi nhà quan sát đều thống nhất. Thay vào đó, mỗi nhà quan sát có một số đo thời gian riêng của họ, và thời gian đo bởi hai nhà quan sát đang chuyển động tương đối với nhau sẽ không thống nhất.

Quan niệm của Einstein đi ngược lại với trực giác của chúng ta vì những ngụ ý của chúng không thể để ý ở những tốc độ mà chúng ta gặp trong cuộc sống hàng ngày. Nhưng chúng nhiều lần được thí nghiệm xác nhận. Thí dụ, hãy tưởng tượng một đồng hồ đứng yên tại tâm của trái đất, một đồng hồ khác trên mặt đất, và một đồng hồ thứ ba đặt trên máy bay, bay cùng chiều hoặc ngược chiều quay của trái đất. Tham chiếu với đồng hồ tại tâm trái đất, đồng hồ đặt trên máy bay đang chuyển động về phía đông – theo hướng quay của trái đất –

đang chuyển động nhanh hơn đồng hồ trên mặt đất, và vì thế nó chạy chậm đi.

Tương tự, tham chiếu với đồng hồ tại tâm trái đất, đồng hồ đặt trên máy bay đang bay về hướng tây – ngược chiều quay của trái đất – đang chuyển động chậm hơn đồng hồ trên mặt đất, nghĩa là đồng hồ đó sẽ chạy nhanh hơn đồng hồ trên mặt đất. Và đó chính là cái đã quan sát thấy khi, trong một thí nghiệm thực hiện vào tháng 10 năm 1971, một đồng hồ nguyên tử rất chính xác bay vòng quanh thế giới. Vì thế, bạn có thể kéo dài cuộc sống của mình bằng cách liên tục bay về hướng đông vòng quanh thế giới, cho dù bạn có mệt mỏi khi phải xem hết những bộ phim chiếu trên đó. Tuy nhiên, hiệu ứng là rất nhỏ, khoảng 180 nghìn tỉ của một giây trên một vòng bay (và nó có phần nhỏ hơn tác dụng của sự chênh lệch hấp dẫn, nhưng chúng ta không cần đi sâu ở đây).

Do bài báo của Einstein, các nhà vật lí nhận ra rằng bằng cách thừa nhận tốc độ ánh sáng là như nhau trong mọi hệ quy chiếu, lí thuyết điện từ của Maxwell đòi hỏi không thể xem thời gian độc lập với ba chiều không gian.

Thay vào đó, thời gian và không gian hòa quyện vào nhau. Nó có phần giống như là bổ sung thêm một chiều thứ tư quá khứ/tương lai vào các chiều thông thường trái/phải, trước/sau và trên/dưới. Các nhà vật lí gọi sự se duyên này

của không gian và thời gian là “không-thời gian” và vì không-thời gian có một chiều thứ tư, nên họ gọi nó là có bốn chiều. Trong không-thời gian, thời gian không còn tách rời với ba chiều không gian và, nói đại khái, giống như việc định nghĩa trái/phải, trước/sau hoặc trên/dưới phụ thuộc vào sự định hướng của người quan sát, hướng của thời gian cũng thay đổi tùy thuộc vào tốc độ của người quan sát. Những người quan sát đang chuyển động ở những tốc độ khác nhau sẽ chọn những chiều khác nhau cho thời gian trong không-thời gian. Do đó, lí thuyết tương đối hẹp của Einstein là một mô hình mới, bác bỏ hoàn toàn khái niệm thời gian tuyệt đối và sự đứng yên tuyệt đối (tức là đứng yên so với ê te bất động).

Einstein sớm nhận ra rằng việc làm cho sự hấp dẫn tương thích với thuyết tương đối là một thay đổi nữa cần thiết. Theo lí thuyết hấp dẫn của Newton, tại một thời điểm bất kì cho trước, các vật bị hút vào nhau bởi một lực phụ thuộc vào khoảng cách giữa chúng lúc đó. Nhưng lí thuyết tương đối đã bác bỏ khái niệm thời gian tuyệt đối, nên chẳng có cách nào xác định khi nào thì nên đo khoảng cách giữa các khối lượng. Bởi vậy, lí thuyết hấp dẫn của Newton không tương thích với thuyết tương đối hẹp và cần phải cải tiến. Sự mâu thuẫn trên nghe như là một khó khăn kĩ thuật đơn thuần, nhưng không phải vậy. Hóa ra thì không gì có thể tiến xa hơn sự thật.

Trong 11 năm tiếp sau đó, Einstein đã phát triển một lí thuyết mới của sự hấp dẫn, cái ông gọi là thuyết tương đối tổng quát. Khái niệm hấp dẫn trong thuyết tương đối tổng quát không có chút gì giống với quan niệm Newton hết.

Thay vào đó, nó xây dựng trên một đề xuất mang tính cách mạng rằng không-

thời gian không phẳng, như trước đây giả định, mà bị cong và biến dạng bởi khối lượng và năng lượng có trong nó.

Một cách hay để hình dung ra sự cong là nghĩ tới bề mặt của trái đất. Mặc dù bề mặt trái đất chỉ là hai chiều (vì có hai chiều trên đó thôi, thí dụ bắc/nam và đông/tây) , nhưng chúng ta sẽ dùng nó làm thí dụ vì một không gian hai chiều cong thì dễ hình dung hơn là một không gian bốn chiều cong. Hình học của không gian cong như bề mặt trái đất không phải là hình học Euclid mà chúng ta đã quen thuộc. Thí dụ, trên mặt đất, khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm –

cái chúng ta gọi là đoạn thẳng trong hình học Euclid – là đường nối hai điểm đó theo cái gọi là vòng tròn lớn. (Vòng tròn lớn là vòng tròn bao trên mặt đất có tâm trùng với tâm trái đất. Đường xích đạo là một thí dụ của vòng tròn lớn, và bất kì vòng tròn nào thu được bằng cách quay xích đạo xung quanh đường kính của nó cũng là một vòng tròn lớn).

Hãy tưởng tượng, nói thí dụ, bạn muốn đi từ New York tới Madrid, hai thành phố gần như ở cùng một vĩ độ. Nếu như trái đất phẳng, thì lộ trình ngắn nhất sẽ là thẳng tiến về hướng đông. Nếu đi như thế, bạn sẽ tới Madrid sau khi vượt qua 3707 dặm. Nhưng do sự cong của trái đất, nên có một đường đi trên tấm bản đồ phẳng trông như bị cong và vì thế dài hơn, nhưng thật ra đó là đường đi ngắn hơn. Bạn có thể đi tới nơi với 3605 dặm đường nếu bạn đi theo lộ trình vòng tròn lớn, trước tiên đi thẳng hướng đông bắc, sau đó từ từ rẽ sang đông, rồi sau đó đi xuống đông nam. Sự khác biệt về quãng đường giữa hai lộ trình là do sự cong của trái đất, và là một dấu hiệu của cơ sở hình học phi Euclid của nó. Các hãng hàng không biết rõ điều này, và trên thực tế luôn sắp xếp cho phi công của họ bay theo những vòng tròn lớn.

Theo các định luật chuyển động của Newton, những vật như đạn pháo, bánh sừng bò, và các hành tinh chuyển động theo đường thẳng, trừ khi bị một lực tác dụng, như lực hấp dẫn chẳng hạn. Nhưng sự hấp dẫn, trong lí thuyết Einstein, không phải là một lực giống như những lực khác; mà nó là hệ quả của một thực tế là khối lượng làm méo không-thời gian, tạo ra sự cong. Trong lí thuyết Einstein, các vật chuyển động trên đường trắc đạc, đó là cái gần với đường thẳng nhất trong không gian cong. Các đường thẳng là đường trắc đạc trên mặt phẳng, và các vòng tròn lớn là đường trắc đạc trên bề mặt trái đất. Khi không có mặt vật chất, đường trắc đạc trong không-thời gian bốn chiều tương ứng với những đường thẳng trong không gian ba chiều. Nhưng khi có mặt vật chất, làm biến dạng không-thời gian, thì đường đi của các vật trong không gian ba chiều tương ứng bị cong theo kiểu trong lí thuyết của Newton giải thích bằng sự hút hấp dẫn. Khi không-thời gian không phẳng, đường đi của các vật dường như bị cong, mang lại ấn tượng có một lực đang tác dụng lên chúng.



Đường trắc đạc. Khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên bề mặt trái đất dường như bị cong khi vẽ trên một tấm bản đồ phẳng.

Thuyết tương đối tổng quát của Einstein tái dựng lại thuyết tương đối hẹp khi không có mặt sự hấp dẫn, và nó đưa ra những tiên đoán gần như giống với lí thuyết hấp dẫn của Newton trong môi trường hấp dẫn yếu của hệ mặt trời của chúng ta – nhưng không yếu cho lắm. Thật vậy, nếu không tính đến thuyết tương đối tổng quát trong các hệ thống định vị vệ tinh GPS, thì sai số về vị trí toàn cầu sẽ tích lũy ở tốc độ chừng một kilo mét mỗi ngày! Tuy nhiên, tầm quan trọng thật sự của thuyết tương đối tổng quát không phải là sự ứng dụng của nó trong những dụng cụ chỉ dẫn bạn tới những nhà hàng mới mở, mà nó là một mô hình rất khác của vũ trụ, nó tiên đoán những hiệu ứng mới như sóng hấp dẫn và lỗ đen. Và vì thế thuyết tương đối tổng quát đã biến vật lí thành hình học. Công nghệ hiện đại đủ nhạy để cho phép chúng ta tiến hành nhiều phép kiểm tra nhạy của thuyết tương đối tổng quát, và nó lần lượt vượt qua từng phép kiểm tra một.

Mặc dù đều làm cách mạng hóa nền vật lí học, nhưng thuyết điện từ của Maxwell và thuyết hấp dẫn của Einstein – thuyết tương đối tổng quát – đều giống như vật lí học Newton, là những lí thuyết cổ điển. Nghĩa là, chúng là những mô hình trong đó vũ trụ có một lịch sử đơn nhất. Như chúng ta đã thấy trong chương trước, ở cấp độ nguyên tử và dưới nguyên tử, những mô hình này không phù hợp với quan sát. Thay vào đó, chúng ta phải sử dụng các lí thuyết lượng tử trong đó vũ trụ có thể có mọi lịch sử bất kì, mỗi lịch sử có độ lớn hoặc biên độ xác suất riêng của nó. Với những tính toán thực tế liên quan đến thế giới hàng ngày, chúng ta có thể tiếp tục sử dụng các lí thuyết cổ điển, nhưng nếu chúng ta muốn hiểu rõ hành trạng của các nguyên tử và phân tử, chúng ta cần một phiên bản lượng tử của lí thuyết điện từ Maxwell; và nếu chúng ta muốn tìm hiểu vũ trụ sơ khai, khi toàn bộ vật chất và năng lượng trong vũ trụ co lại trong một thể tích nhỏ xíu, chúng ta phải có một phiên bản lượng tử của thuyết tương đối tổng quát. Chúng ta cũng cần những lí thuyết như thế vì nếu chúng ta đi tìm một kiến thức cơ bản của tự nhiên, thì sẽ là

không hay nếu một số định luật là có tính lượng tử trong khi những định luật khác là cổ điển. Do đó, chúng ta phải đi tìm những phiên bản lượng tử của tất cả các định luật của tự nhiên. Những lí thuyết như thế được gọi là lí thuyết trường lượng tử.

Các lực đã biết của tự nhiên có thể chia thành bốn loại:

1. Lự c hấ p dẫ n. Đây là lực yếu nhất trong bốn lực, nhưng nó là lực tầm xa và tác dụng lên mọi thứ trong vũ trụ dưới dạng lực hút.

Điều này có nghĩa là đối với những vật thể lớn lực hấp dẫn có thể cộng gộp lại và trở nên lấn át so với những lực khác.

2. Lự c đ iệ n từ. Đây cũng là lực tầm xa và mạnh hơn nhiều so với lực hấp dẫn, nhưng nó chỉ tác dụng lên những hạt có điện tích, là lực đẩy giữa những điện tích cùng dấu và lực hút giữa những điện tích trái dấu. Điều này có nghĩa là lực điện giữa những vật thể lớn triệt tiêu lẫn nhau, nhưng ở cấp độ nguyên tử và phân tử, chúng là lực át trội. Lực điện từ là nguyên nhân gây ra mọi hiện tượng hóa học và sinh học.

3. Lự c hạ t nhân yế u. Lực này gây ra sự phóng xạ và giữ vai trò thiết yếu trong sự hình thành của các nguyên tố trong các ngôi sao và vũ trụ sơ khai. Tuy nhiên, chúng ta không tiếp xúc với lực này trong cuộc sống hàng ngày của mình.

4. Lự c hạ t nhân mạ nh. Lực này liên kết các proton và neutron bên trong hạt nhân nguyên tử lại với nhau. Nó cũng liên kết bản thân các proton và neutron, điều đó cần thiết vì chúng có cấu tạo từ những hạt nhỏ bé hơn nữa, các hạt quark chúng ta đã nói tới ở chương 3. Lực mạnh là nguồn gốc năng lượng cho mặt trời và điện hạt nhân, nhưng, giống như trường hợp lực yếu, chúng ta không tiếp xúc trực tiếp với nó.

Lực đầu tiên mà một phiên bản lượng tử đã tạo ra là lực điện từ. Lí thuyết lượng tử của trường điện từ, gọi là điện động lực học lượng tử, hay viết tắt là QED, được phát triển vào thập niên 1940 bởi Richard Feynman và những nhà khoa học khác, và đã trở thành một kiểu mẫu cho mọi lí thuyết trường lượng tử.

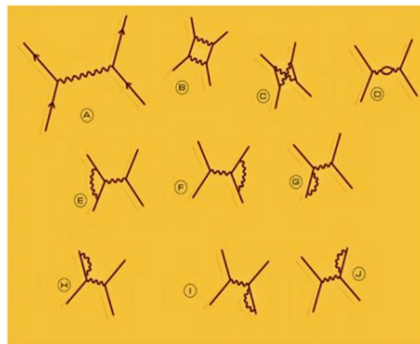
Như chúng ta đã nói, theo các lí thuyết cổ điển, lực được truyền đi bởi các trường. Nhưng trong các lí thuyết trường lượng tử, trường lực được hình dung có cấu tạo gồm những hạt sơ cấp khác nhau gọi là boson, chúng là những hạt mang lực bay tới lui giữa các hạt vật chất, trung chuyển các lực. Những hạt vật chất đó được gọi là fermion. Electron và quark là thí dụ của fermion. Photon, hay hạt ánh sáng, là thí dụ của boson. Chính boson là hạt truyền lực điện từ. Cái diễn ra là một hạt vật chất, thí dụ một electron, phát ra một boson, hay hạt lực, và giật lùi lại, giống hệt như một khẩu đại bác giật lùi sau khi khai hỏa một quả đạn pháo. Hạt lực sau đó va chạm với một hạt vật chất khác và bị hấp thụ, làm thay đổi chuyển động của hạt đó. Theo QED, mọi tương tác giữa các hạt tích điện – các hạt chịu lực điện từ – được mô tả theo sự trao đổi photon.

Các tiên đoán của QED đã được kiểm tra và tìm thấy phù hợp với các kết quả thực nghiệm với độ chính xác cao. Nhưng việc thực hiện những phép tính toán học mà QED đòi hỏi có thể thật khó. Vấn đề là, như chúng ta sẽ thấy dưới đây, khi bạn cộng khuôn khổ trao đổi hạt ở trên thì yêu cầu lượng tử là phải tính đến mọi lịch sử mà một tương tác có thể xảy ra – thí dụ, mọi cách thức mà các hạt lực được trao đổi – các phép tính trở nên thật phức tạp. May thay, với việc phát minh ra những lịch sử thay thế – phương pháp nghĩ về những lí thuyết lượng tử đã mô tả ở chương trước – Feynman còn phát triển một phương pháp trực quan dễ hiểu tính đến những lịch sử khác đó, một phương pháp ngày nay không chỉ áp dụng cho QED mà cho mọi lí thuyết trường lượng tử.

Phương pháp hình họa của Feynman cung cấp một cách hình dung mỗi số hạng trong tổng lấy theo lịch sử. Những hình họa đó, gọi là giản đồ Feynman, là một trong những công cụ quan trọng nhất của vật lí hiện đại. Trong QED, tổng lấy theo mọi lịch sử khả dĩ có thể biểu diễn dưới dạng một tổng trên giản đồ Feynman giống như hình bên dưới, hình biểu diễn một số cách để hai electron tán xạ lên nhau qua lực điện từ. Trong những giản đồ này, những đường liền nét biểu diễn electron và những đường gợn sóng biểu diễn photon.

Thời gian được hiểu là tiến triển từ dưới lên trên, và những chỗ nơi các đường giao nhau tương ứng với những photon được phát ra hoặc hấp thụ bởi một electron. Giản đồ (A) biểu diễn hai electron đang tiến đến gần nhau, trao đổi một photon, và sau đó tiếp tục hành trình của chúng. Đó là cách đơn giản

nhất trong đó hai electron có thể tương tác điện từ, nhưng chúng ta phải xét đến mọi lịch sử có thể diễn ra. Vì thế, chúng ta cũng phải xét đến những giản đồ như giản đồ (B). Giản đồ đó cũng biểu diễn hai đường tiến về nhau – hai electron đang đến gần – và hai đường đi ra xa nhau – hai electron tán xạ – nhưng trong giản đồ này, các electron trao đổi hai photon trước khi bay ra xa nhau. Những giản đồ vẽ trong hình chỉ là một vài trong số những khả năng; thật ra, có vô hạn số lượng giản đồ, điều đó phải tính đến trên phương diện toán học.



Giản đồ **Feynman**. Những giản đồ này gắn liền với một quá trình trong đó hai electron tán xạ lên nhau.

Giản đồ Feynman không chỉ là một phương pháp trực quan nhằm hình dung và phân loại những tương tác có thể xảy ra như thế nào. Giản đồ Feynman đi cùng với những quy tắc cho phép bạn đọc ra, từ các đường và các đỉnh trong mỗi giản đồ, một biểu thức toán học. Thí dụ, xác suất mà những electron tới, với một xung lượng ban đầu cho trước nào đó, cuối cùng sẽ bay ra với một xung lượng nhất định nào đó, khi đó được tính bằng cách lấy tổng những đóng góp từ mỗi giản đồ Feynman. Công việc đó có thể tốn nhiều công sức, vì như chúng ta đã nói, có một số vô hạn giản đồ. Ngoài ra, mặc dù các electron tới và electron đi ra được gán cho một năng lượng và xung lượng nhất định, nhưng những hạt trong phần khép kín ở phần trong của giản đồ có thể có năng lượng và xung lượng bất kì. Điều đó là quan trọng vì khi lấy tổng Feynman, người ta phải lấy tổng không chỉ trên mọi giản đồ mà còn trên mọi giá trị đó của năng lượng và xung lượng.

Giản đồ Feynman mang lại cho các nhà vật lí sự hỗ trợ to lớn trong việc hình dung và tính toán xác suất của những quá trình mà QED mô tả. Nhưng chúng không chữa nổi một thiếu sót quan trọng mà lí thuyết trên gánh chịu: Khi bạn

cộng những đóng góp từ vô số những lịch sử khác nhau, bạn có một kết quả vô hạn. (Nếu những số hạng liên tiếp trong một tổng vô hạn giảm đủ nhanh, thì có khả năng tổng đó là hữu hạn, nhưng thật không may, điều đó không xảy ra ở đây) Đặc biệt, khi cộng hết các giản đồ Feynman, câu trả lời dường như ngụ ý rằng electron có một khối lượng và điện tích vô hạn. Điều này là vô lí, vì chúng ta có thể đo khối lượng và điện tích đó, và chúng là hữu hạn. Để xử lí những vô hạn này, một thủ thuật gọi là chuẩn hóa lại đã được phát triển.

Quá trình chuẩn hóa lại bao gồm việc trừ những đại lượng được xác định là vô hạn và âm theo một kiểu sao cho, với sự tính toán thận trọng, tổng của những giá trị âm vô hạn và những giá trị dương vô hạn phát sinh trong lí thuyết hầu như triệt tiêu nhau, để lại một kết quả nhỏ, những giá trị hữu hạn đã quan sát thấy của khối lượng và điện tích. Những thủ thuật này nghe giống như là loại công việc bạn làm ở một lớp lưu ban do học toán kém, và sự chuẩn hóa lại thật sự mơ hồ về mặt toán học. Một hệ quả là những giá trị thu được bởi phương pháp này cho khối lượng và điện tích của electron có thể là một con số hữu hạn bất kì nào đó. Cái tiện lợi là các nhà vật lí có thể chọn những vô hạn âm theo một kiểu mang lại câu trả lời hợp lí, nhưng cái bất lợi là khối lượng và điện tích của electron, do đó, không thể tiên đoán từ lí thuyết. Nhưng một khi chúng ta đã cố định khối lượng và điện tích của electron theo kiểu này, thì chúng ta có thể sử dụng QED để đưa ra nhiều tiên đoán rất chính xác khác, chúng đều cực kì phù hợp với quan sát, nên sự chuẩn hóa lại là một trong những thành phần thiết yếu của QED. Thí dụ, một thành tựu sớm của QED là sự tiên đoán rất chính xác cái gọi là độ lệch Lamb, một sự thay đổi nhỏ ở năng lượng của một trong những trạng thái của nguyên tử hydrogen đã phát hiện ra vào năm 1947.

Thành công của sự chuẩn hóa lại trong QED đã khích lệ những nỗ lực đi tìm những lí thuyết trường lượng tử mô tả ba lực còn lại của tự nhiên. Nhưng sự phân chia các lực tự nhiên thành bốn loại có lẽ mang tính nhân tạo và là một hệ quả của sự thiếu hiểu biết của chúng ta. Vì thế, người ta đi tìm một lí thuyết của tất cả sẽ thống nhất bốn nhà lực thành một định luật duy nhất tương thích với thuyết lượng tử. Đây sẽ là món chén thánh của vật lí học.



Giản đồ **Feynman**. Richard Feynman từng lái một chiếc xe hơi nổi tiếng với những giản đồ Feynman vẽ bên ngoài xe. Hình trang trí này được vẽ để thể hiện những sơ đồ đã nói ở trên.

Mặc dù Feynman đã qua đời hồi năm 1988, nhưng chiếc xe vẫn còn – nó ở trong nhà kho gần Caltech ở Nam California.

Một dấu hiệu rằng sự thống nhất là cách tiếp cận đúng đến từ lí thuyết của lực yếu. Lí thuyết trường lượng tử mô tả lực yếu theo kiểu riêng của nó không thể chuẩn hóa lại được; nghĩa là nó có những vô hạn không thể nào triệt tiêu bằng cách trừ một số vô hạn những đại lượng như khối lượng và điện tích.

Tuy nhiên, vào năm 1967, Abdus Salam và Steven Weinberg, mỗi người độc lập nhau, đã đề xuất một lí thuyết trong đó lực điện từ được thống nhất với lực yếu, và nhận thấy sự thống nhất đó chữa trị được căn bệnh các vô hạn. Lực thống nhất ấy được gọi là lực điện yếu. Lí thuyết của nó có thể chuẩn hóa lại, và nó dự đoán ba hạt mới gọi là W+ , W-và Z0. Bằng chứng cho Z0 đã được phát hiện ra tại CERN ở Geneva hồi năm 1973, Salam và Weinberg được tặng Giải Nobel năm 1979, mặc dù hạt W và Z chưa được quan sát trực tiếp, mãi cho đến năm 1983.

Lực mạnh có thể chuẩn hóa lại theo kiểu riêng của nó trong một lí thuyết gọi là QCD, hay sắc động lực học lượng tử. Theo QCD, proton, neutron và nhiều hạt sơ cấp khác của vật chất được cấu tạo từ các quark, chúng có một tính chất nổi bật mà các nhà vật lí gọi là màu (vì thế có tên gọi “sắc động lực học”

mặc dù các màu quark chỉ là những cái nhãn hữu ích – chứ không có liên hệ gì với màu sắc nhìn thấy). Quark có ba cái gọi là màu, đỏ, lục và lam. Ngoài ra, mỗi quark có một phản hạt, và màu của những hạt đó được gọi là phản-đỏ, phản-lục, và phản-lam. Quan điểm là chỉ những kết hợp không có màu toàn

phần mới có thể tồn tại dưới dạng hạt tự do. Có hai cách thu về những kết hợp quark trung hòa như thế. Một màu và phản màu của nó triệt tiêu nhau, nên một quark và một phản quark tạo ra một cặp không màu, một hạt không bền gọi là meson. Đồng thời, khi cả ba màu (hay phản màu) hòa lại, thì kết quả là không có màu. Ba quark, mỗi quark thuộc một màu, tạo ra những hạt bền gọi là baryon, trong số đó proton và neutron là thí dụ (và ba phản quark tạo ra những phản hạt của baryon). Proton và neutron là baryon cấu tạo nên hạt nhân nguyên tử và là cơ sở của toàn bộ vật chất bình thường trong vũ trụ.

QCD còn có một tính chất gọi là tự do tiệm cận, cái chúng ta đã nói tới, nhưng chưa gọi tên, trong chương 3. Tự do tiệm cận có nghĩa là lực mạnh giữa các quark là nhỏ khi các quark ở gần nhau, nhưng lực sẽ tăng lên nếu chúng ở xa nhau, na ná như được liên kết bởi những dây cao su vậy. Tự do tiệm cận giải thích tại sao chúng ta không nhìn thấy các quark độc lập trong tự nhiên và không thể tạo ra chúng trong phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, mặc dù chúng ta không thể quan sát từng quark một, nhưng chúng ta chấp nhận mô hình trên vì nó hoạt động khá tốt ở việc giải thích hành trạng của proton, neutron, và những hạt vật chất khác.

Sau khi thống nhất lực yếu và lực điện từ, các nhà vật lí thập niên 1970

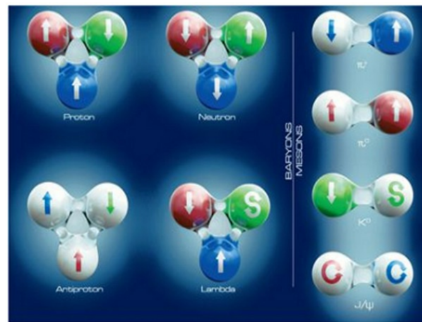
đã đi tìm một phương pháp mang lực mạnh vào trong lí thuyết đó. Có một số cái gọi là lí thuyết thống nhất lớn hay GUT thống nhất lực mạnh với lực yếu và lực điện từ, nhưng chúng chủ yếu dự đoán rằng proton, chất liệu cấu tạo nên chúng ta, sẽ phân hủy, tính trung bình, sau khoảng 1032 năm. Đó là một khoảng thời gian rất dài, biết rằng vũ trụ chỉ mới khoảng 1010 năm tuổi. Nhưng trong vật lí lượng tử, khi chúng ta nói thời gian sống trung bình của một hạt là 1032

năm, thì không có nghĩa là chúng ta nói rằng đa số các hạt sống xấp xỉ 1032

năm, một số hạt có thể sống lâu hơn hoặc ngắn hơn một chút. Thay vào đó, cái chúng ta muốn nói là, mỗi năm, một hạt có xác suất phân hủy là 1 phần 1032.

Kết quả là nếu bạn quan sát một bể chứa 1032 proton chỉ trong vòng vài năm, bạn phải có thể nhìn thấy một số proton phân hủy. Không quá khó để xây dựng một bể như vậy, vì 1032 proton chỉ chứa trong một nghìn tấn nước. Các

nhà khoa học đã tiến hành những thí nghiệm như thế. Hóa ra việc phát hiện ra các phân hủy và phân biệt chúng với những sự kiện khác gây ra bởi những tia vũ trụ liên tục tuôn lên chúng ta chẳng phải dễ dàng gì. Để giảm thiểu sự nhiễu, các thí nghiệm phải tiến hành ở sâu dưới lòng đất như Quặng Kamioka và quặng của công ti Smelting nằm sâu 3281 foot bên dưới một ngọn núi ở Nhật Bản, độ sâu đó phần nào che chắn bớt các tia vũ trụ. Là một kết quả của những quan sát vào năm 2009, các nhà nghiên cứu đã kết luận rằng nếu như rốt cuộc proton có phân hủy, thì thời gian sống của proton là lớn khoảng 1034 năm, đó là tin không hay cho những lí thuyết thống nhất lớn.



Baryon và meson. Baryon và meson cấu tạo bởi các quark liên kết với nhau bằng lực mạnh.

Khi những hạt như thế va chạm, chúng có thể tráo đổi quark, nhưng không thể quan sát từng quark riêng lẻ.

Vì bằng chứng quan sát trước đó cũng không ủng hộ nổi GUT, nên đa số các nhà vật lí chấp nhận một mô hình đặc biệt gọi là mô hình chuẩn, mô hình gồm lí thuyết thống nhất của lực điện yếu và QCD là một lí thuyết của lực mạnh. Nhưng trong mô hình chuẩn, lực điện yếu và lực mạnh tác dụng độc lập và không thật sự thống nhất. Mô hình chuẩn rất thành công và phù hợp với mọi bằng chứng quan sát hiện nay, nhưng rốt cuộc nó không thỏa mãn vì, ngoài chỗ không thống nhất lực điện yếu và lực mạnh, nó còn không tính đến lực hấp dẫn.

Có lẽ thật khó nhào nặn lực mạnh với lực điện từ và lực yếu, nhưng những trở ngại đó chẳng là gì so với vấn đề hợp nhất lực hấp dẫn với ba lực kia, hoặc thậm chí tạo ra một lí thuyết lượng tử độc lập của sự hấp dẫn. Nguyên nhân mà một lí thuyết lượng tử của sự hấp dẫn khó tạo ra được là vì phải làm việc với nguyên lí bất định Heisenberg, cái chúng ta đã nói tới ở chương 4.



Không có gì rõ ràng, nhưng hóa ra khi xét đến nguyên lí đó, giá trị của một trường và tốc độ biến thiên của nó giữ vai trò giống như vị trí và vận tốc của một hạt. Nghĩa là, đại lượng này được xác định càng chính xác bao nhiêu, thì đại lượng kia có thể xác định kém chính xác bấy nhiêu. Một hệ quả của nguyên lí này là không hề có cái gì tựa như không gian trống rỗng. Đó là vì không gian trống rỗng có nghĩa là cả giá trị của một trường lẫn tốc độ biến thiên của nó đều chính xác bằng không. (Nếu tốc độ biến thiên của trường khác không, thì không gian sẽ không còn trống rỗng nữa) Vì nguyên lí bất định không cho phép giá trị của trường và tốc độ biến thiên của trường là chính xác, cho nên không gian không bao giờ trống rỗng. Nó có thể có một trạng thái năng lượng tối thiểu, gọi là chân không, nhưng trạng thái đó là đối tượng cho cái gọi là những thăng giáng lượng tử, hay thăng giáng chân không – những hạt và trường thoắt ẩn thoắt hiện.

“Tôi e là có đóng khung nó lại cũng không tạo ra một lí thuyết thống nhất đâu”.

Người ta có thể nghĩ những thăng giáng chân không là những cặp hạt xuất hiện cùng nhau tại một thời điểm nào đó, chuyển động ra xa nhau, sau đó tiến đến gần nhau và hủy lẫn nhau. Theo ngôn ngữ của giản đồ Feynman, chúng tương ứng với những vòng khép kín. Những hạt này được gọi là hạt ảo. Không giống như hạt thật, hạt ảo không thể quan sát thấy trực tiếp bằng máy dò hạt.

Tuy nhiên, những hiệu ứng gián tiếp của chúng, như những biến thiên nhỏ trong năng lượng quỹ đạo của electron, là có thể đo được và phù hợp với những tiên đoán lí thuyết với độ chính xác đến bất ngờ. Vấn đề là các hạt ảo có năng lượng, và vì có một số vô hạn những cặp hạt ảo, nên chúng sẽ có một lượng năng lượng vô hạn. Theo thuyết tương đối tổng quát, điều này có nghĩa

là chúng sẽ làm cong vũ trụ đến một kích cỡ nhỏ vô hạn, điều đó rõ ràng đã không xảy ra!

Thảm họa vô hạn này tương tự với vấn đề xảy ra trong những lí thuyết của lực mạnh, lực yếu và lực điện từ, ngoại trừ là trong những trường hợp đó, sự chuẩn hóa lại đã loại trừ các vô hạn. Nhưng những vòng khép kín trong giản đồ Feynman đối với lực hấp dẫn tạo ra những vô hạn không thể nào hấp thụ bởi sự chuẩn hóa lại vì trong thuyết tương đối tổng quát không có đủ các thông số chuẩn hóa lại (như các giá trị của khối lượng và điện tích) để loại bỏ tất cả những vô hạn lượng tử ra khỏi lí thuyết. Vì thế, chúng ta còn lại một lí thuyết của lực hấp dẫn tiên đoán những đại lượng nhất định, như độ cong của không-

thời gian, là vô hạn, như thế không có cách nào điều hành một vũ trụ có thể ở được. Điều đó có nghĩa là khả năng duy nhất thu về một lí thuyết nhạy bén sẽ là làm cho mọi vô hạn bằng cách nào đó triệt tiêu đi, mà không cần sắp xếp lại sự chuẩn hóa lại.

Vào năm 1976, một đáp án có thể có cho bài toán đó đã được tìm thấy.

Nó được gọi là siêu hấp dẫn. Tiếp ngữ "siêu" đã được thêm vào không phải vì các nhà vật lí nghĩ "siêu" là lí thuyết này của sự hấp dẫn lượng tử có thể hoạt động thật sự. Thay vào đó, từ "siêu" hàm ý đến sự đối xứng mà lí thuyết có, gọi là siêu đối xứng.

Trong vật lí, một hệ được nói là có một đối xứng nếu như những tính chất của nó không bị ảnh hưởng bởi một phép biến đổi nhất định như phép quay nó trong không gian hoặc lấy ảnh qua gương của nó. Thí dụ, nếu bạn lật một cái bánh rán lên, nó trông y như cũ (trừ khi nó có một miếng chocolate phía trên, trong trường hợp đó tốt hơn hết là hãy ăn nó đi). Siêu đối xứng là một loại đối xứng tinh vi hơn không thể đi cùng với một phép biến đổi của không gian bình thường. Một trong những ngụ ý quan trọng của siêu đối xứng là những hạt lực và những hạt vật chất, và do đó lực và vật chất, thật ra chỉ là hai mặt của một thứ. Nói thực tế, điều đó có nghĩa là mỗi hạt vật chất, như một quark, phải có một hạt đối tác là một hạt lực, và mỗi hạt lực, như một photon, phải có một hạt đối tác là hạt vật chất. Yêu cầu này có tiềm năng giải quyết bài toán các vô hạn vì hóa ra các vô hạn từ những vòng khép kín của những hạt

lực là dương, còn các vô hạn từ những vòng khép kín của những hạt vật chất là âm, cho nên các vô hạn trong lí thuyết phát sinh từ những hạt lực và những hạt vật chất đối tác của chúng có xu hướng triệt tiêu nhau. Thật không may, những phép tính cần thiết để tìm ra có vô hạn nào chưa triệt tiêu hay không trong siêu hấp dẫn là quá dài và khó, đồng thời có khả năng xảy ra sai sót không ai khắc phục nổi chúng.

Tuy nhiên, đa số các nhà vật lí tin rằng siêu hấp dẫn có lẽ là câu trả lời đúng cho bài toán thống nhất lực hấp dẫn với những lực khác.

Có lẽ bạn nghĩ rằng giá trị của siêu đối xứng là cái có thể dễ kiểm tra – chỉ việc xác định tính chất của những hạt hiện có và xem chúng có ghép cặp hay không. Không có hạt đối tác nào như vậy từng được quan sát thấy. Nhưng những phép tính khác nhau mà các nhà vật lí đã thực hiện cho biết những hạt đối tác tương ứng với những hạt mà chúng ta quan sát phải nặng gấp 1000 lần proton, nếu không nặng hơn nhiều. Khối lượng đó quá nặng cho những hạt như thế được nhìn thấy trong bất kì thí nghiệm nào tính cho đến nay, nhưng có hi vọng là những hạt như thế cuối cùng sẽ được tạo ra tại Máy Va chạm Hadron Lớn ở Geneva.

Quan niệm siêu đối xứng là yếu tố then chốt cho sự sáng tạo siêu hấp dẫn, nhưng khái niệm trên thật ra đã có nhiều năm trước đó với những nhà lí thuyết đang nghiên cứu một lí thuyết chim non mới nở gọi là lí thuyết dây.

Theo lí thuyết dây, các hạt không phải là những điểm, mà là những dạng dao động có chiều dài nhưng không có chiều cao hoặc chiều rộng – giống như những sợi dây vô hạn. Lí thuyết dây cũng dẫn tới những vô hạn, nhưng người ta tin rằng trong phiên bản thích hợp, chúng sẽ triệt tiêu nhau hết. Chúng có một đặc điểm khác lạ nữa. Chúng chỉ thích hợp nếu không-thời gian có mười chiều, thay vì bốn chiều quen thuộc. Mười chiều nghe có vẻ thú vị đấy, nhưng chúng sẽ gây ra những trở ngại thật sự nếu như bạn không nhớ mình đã đỗ xe ở đâu.

Nếu như chúng hiện diện, thì tại sao chúng ta không để ý đến những chiều bổ sung này? Theo lí thuyết dây, chúng cuộn lại thành một không gian có kích cỡ rất nhỏ. Để hình dung không gian này, hãy tưởng tượng một mặt phẳng hai chiều. Chúng ta gọi là mặt phẳng hai chiều vì bạn cần hai con số (thí dụ,

tọa độ ngang và dọc) để định vị bất kì điểm nào ở trên nó. Một không gian hai chiều là bề mặt của một ống hút. Để định vị một điểm trên không gian đó, bạn cần biết điểm đó nằm ở đâu theo chiều dài của ống hút, và điểm đó nằm ở đâu theo chiều vòng tròn của nó. Nhưng nếu ống hút là rất mỏng, bạn sẽ có một vị trí gần đúng rất tốt chỉ sử dụng tọa độ theo chiều dài của ống hút, vì thế bạn có thể bỏ qua chiều vòng tròn. Và nếu ống hút có đường kính bằng một phần triệu triệu triệu triệu triệu của một inch, thì bạn sẽ không cần để ý đến chiều kích tròn của nó nữa. Đó là bức tranh mà các nhà lí thuyết dây có về những chiều bổ sung – chúng bị uốn cong hoặc xoắn lại đến cỡ nhỏ đến mức chúng ta không nhìn thấy chúng. Trong lí thuyết dây, các chiều bổ sung cuộn lại thành cái gọi là không gian nội, trái với không gian ba chiều mà chúng ta trải nghiệm trong cuộc sống hàng ngày. Như chúng ta sẽ thấy, những trạng thái nội này không chỉ là những chiều ẩn giấu bên dưới tấm thảm phủ - mà chúng còn có ý nghĩa vật lí quan trọng.

Ngoài các chiều bổ sung, lí thuyết dây còn có một vấn đề khó khăn nữa:

Dường như có ít nhất năm lí thuyết khác nhau và hàng triệu cách để những chiều bổ sung cuộn lại, và tình trạng khó bối rối cho những ai ủng hộ lí thuyết dây là lí thuyết độ*c nhấ t vô nh*ị của mọi thứ. Sau đó, khoảng năm 1994, người ta bắt đầu phát hiện ra các đối ngẫu – rằng những lí thuyết dây khác nhau, và những cách cuộn những chiều bổ sung khác nhau, đơn giản là những cách khác nhau mô tả cùng một hiện tượng trong không gian bốn chiều. Ngoài ra, họ nhận thấy siêu hấp dẫn cũng liên quan đến những lí thuyết khác theo kiểu như vậy.

Ngày nay, các nhà lí thuyết dây bị thuyết phục rằng năm lí thuyết dây khác nhau đó và siêu hấp dẫn chỉ là những gần đúng khác nhau cho một lí thuyết cơ bản hơn, mỗi lí thuyết có giá trị trong những tình huống khác nhau.

Lí thuyết cơ bản hơn đó được gọi là lí thuyết M, như chúng ta đã nhắc tới ở phần trước. Dường như chẳng ai biết chữ “M” là kí hiệu cho cái gì, nhưng nó có thể là “master” (lí thuyết lớn) , “miracle” (phép màu) hay “mystery” (bí ẩn).

Có thể nó có cả ba ý nghĩa. Người ta hiện vẫn đang cố gắng giải mã bản chất của lí thuyết M, nhưng điều đó dường như là không thể. Có khả năng là sự

trông đợi lâu nay của các nhà vật lí trước một lí thuyết đơn nhất của tự nhiên là không thể trụ vững được, và không tồn tại một dạng thức lí thuyết đơn nhất nào như thế. Có lẽ để mô tả vũ trụ, chúng ta phải sử dụng những lí thuyết khác nhau trong những tình huống khác nhau. Mỗi lí thuyết có thể có phiên bản thực tại riêng của nó, nhưng theo thuyết duy thực phụ thuộc mô hình, điều đó là có thể chấp nhận miễn là các lí thuyết khớp với nhau trong những tiên đoán của chúng hễ khi nào chúng chồng lấn lên nhau, nghĩa là hễ khi nào chúng có thể được áp dụng đồng thời.

Muốn biết lí thuyết M tồn tại dưới dạng một dạng thức đơn nhất hay một hệ thống, chúng ta phải biết một số tính chất của nó. Trước tiên, lí thuyết M có 11 chiều không-thời gian, chứ không phải 10. Các nhà lí thuyết dây lâu nay nghi ngờ rằng sự tiên đoán 10 chiều đó có thể phải điều chỉnh, và nghiên cứu gần đây cho thấy thật ra còn một chiều nữa đã bị bỏ sót. Đồng thời, lí thuyết M có thể chứa không chỉ những dây đang dao động mà cả những hạt điểm, những màng hai chiều, những thùy ba chiều, và những vật thể khác khó hình dung hơn và chiếm giữ nhiều chiều không gian hơn, lên tới 9. Những vật này được gọi là p-brane (trong đó p chạy từ 0 đến 9).



Ống hút và đường thẳng. Một cái ống hút là hai chiều, nhưng nếu đường kính của nó đủ nhỏ - hoặc nó được nhìn từ một khoảng cách đủ xa – thì trông nó tựa một chiều, giống như một đường thẳng.

Còn về vô số cách cuộn lại thành những chiều nhỏ xíu thì sao? Trong lí thuyết M, những chiều không gian bổ sung đó không thể cuộn lại theo những cách bất kì. Cơ sở toán học của lí thuyết hạn chế kiểu trong đó các chiều của không gian nội có thể bị cuộn lại. Hình dạng chính xác của không gian nội xác định giá trị của những hằng số vật lí, như điện tích của electron, lẫn bản chất của những tương tác giữa các hạt sơ cấp. Nói cách khác, nó xác định các định luật biểu kiến của tự nhiên. Chúng ta nói “biểu kiến” vì chúng ta muốn nói tới các định luật mà chúng ta quan sát thấy trong vũ trụ của mình – các

định luật của bốn lực, và những thông số như khối lượng và điện tích mô tả đặc trưng các hạt sơ cấp. Nhưng những định luật cơ bản hơn là những định luật của lí thuyết M.

Do đó, các định luật của lí thuyết M cho phép những vũ trụ khác nhau với những định luật biểu kiến khác nhau, tùy thuộc vào không gian nội bị cuộn như thế nào. Lí thuyết M có những nghiệm cho phép nhiều không gian nội khác nhau, có lẽ nhiều tới 10500, nghĩa là nó cho phép 10500 vũ trụ khác nhau, mỗi vũ trụ có những định luật riêng của nó. Để có ý niệm rằng con số đó lớn như thế nào, hãy suy nghĩ như sau: Nếu một số sinh vật có khả năng phân tích những định luật được tiên đoán cho một trong những vũ trụ đó chỉ trong một mili giây và đã bắt đầu làm việc đó từ hồi Big Bang, thì hiện nay sinh vật đó chỉ mới nghiên cứu được 1020 trong số chúng. Và con số đó thì chẳng thấm vào đâu.

Hàng thế kỉ trước, Newton đã chứng minh rằng những phương trình toán học có thể mang lại một mô tả chính xác đến bất ngờ của cách thức các vật tương tác, cả trên trái đất lẫn trên bầu trời. Các nhà khoa học đã đi tới chỗ tin rằng tương lai của vũ trụ có thể xác lập được, chỉ cần chúng ta biết lí thuyết thích hợp và có đủ sức mạnh tính toán. Rồi đến độ bất định lượng tử, không gian cong, quark, dây, và các chiều bổ sung, và kết quả chung của sức lao động của họ là 10500 vũ trụ, mỗi vũ trụ có những định luật khác nhau, chỉ một trong số chúng tương ứng với vũ trụ mà chúng ta biết. Hi vọng ban đầu của các nhà vật lí là tạo dựng một lí thuyết đơn nhất giải thích các định luật biểu kiến của vũ trụ của chúng ta là hệ quả độc đáo có thể có của một vài giả thuyết đơn giản có lẽ phải từ bỏ. Vậy thì điều đó đưa chúng ta đến đâu? Nếu lí thuyết M cho phép 10500 tập hợp các định luật biểu kiến, thì làm thế nào chúng ta đi tới vũ trụ này, với những định luật hiển hiện trước chúng ta? Và còn những thế giới khả dĩ khác nữa thì sao?



6 - Lựa chọn vũ trụ của chúng ta

Theo người Boshongo ở miền trung châu Phi, lúc khởi nguyên chỉ có bóng đêm, nước, và thần Bumba vĩ đại. Một ngày nọ, Bumba, trong cơn đau bụng dữ dội, đã nôn ra mặt trời. Khiấy, mặttrời làm khô một phần nước, để lại đất liền. Nhưng Bumba vẫn tiếp tục đau và nôn ra thêm nữa. Đến lượt mặt trăng, các ngôi sao, và rồi một số động vật: báo gấm, cá sấu, rùa, và cuối cùng là con người. Người Maya ở Mexico và Trung Mĩ thuật lại một thời điểm tương tự trước sáng thế, khi đó tất cả những gì tồn tại là biển, nước và Đấng sáng thế. Trong thần thoại Maya, Đấng sáng thế, không hài lòng vì chẳng có ai ca tụng ngài, đã tạo ra trái đất, núi non, cây cối và đa số động vật. Nhưng động vật thì không biết nói, nên ngài đã quyết định tạo ra con người. Trước tiên, ngài tạo ra chúng từ bùn đất, nhưng chúng chỉ nói những điều vô nghĩa. Ngài để cho chúng tan ra trở lại và thử lần nữa, lần này là người gỗ. Những người gỗ đó cứ đần đần. Ngài quyết định phá hủy chúng, nhưng chúng đã trốn thoát vào trong rừng, vẫn bị hỏng hóc chút ít, tạo ra cái ngày nay chúng ta gọi là loài khỉ. Sau thất bại đó, cuối cùng Đấng sáng thế đã đi đến một công thức hoạt động, và đã xây dựng nên những con người đầu tiên từ hạt ngũ cốc trắng và vàng. Ngày nay, chúng ta sản xuất rượu từ ngũ cốc, nhưng có lẽ nguyện vọng của Đấng sáng thế không phải là tạo ra những con người để uống rượu!

Những câu chuyện thần thoại sáng thế như thế này đều cố gắng trả lời những câu hỏi mà chúng ta nêu ra trong tập sách này: Tại sao lại có vũ trụ, và tại sao vũ trụ lại hành xử như thế? Khả năng xử lí những câu hỏi như thế của chúng ta đã phát triển đều đặn trong hàng thế kỉ qua kể từ thời Hi Lạp cổ đại, đáng kể nhất là trong thế kỉ trước. Được trang bị nền tảng của những chương trước, giờ thì chúng ta đã sẵn sàng nêu ra câu trả lời cho những câu hỏi này.

Một câu hỏi đã hiển hiện ngay trong thời kì sơ khai là vũ trụ mới được sáng tạo ra gần đây, hay là con người chỉ mới tồn tại trong một khoảnh khắc nhỏ của lịch sử vũ trụ. Đó là vì nhân loại đã phát triển tri thức và công nghệ nhanh đến mức nếu loài người đã hiện diện trong hàng triệu năm qua, thì nhân loại đã tiến xa hơn nhiều trong sự ưu thế của mình.

Theo Kinh Cựu ước, Chúa đã sáng tạo ra Adam và Eve chỉ trong vòng sáu ngày. Bishop Ussher, đức tổng giám mục toàn Ireland từ năm 1625 đến 1656,

đã đặt ra nguồn gốc của thế giới một cách chính xác hơn, vào lúc 9 giờ sáng ngày 27 tháng 10 năm 4004 trước Công nguyên. Chúng ta chọn một quan điểm khác: loài người mới ra đời gần đây, nhưng bản thân vũ trụ thì đã bắt đầu sớm hơn nhiều, khoảng hồi 13,7 tỉ năm về trước.

Bằng chứng khoa học thật sự đầu tiên rằng vũ trụ có một sự khởi đầu đã có từ thập niên 1920. Như chúng ta đã nói trong chương 3, đó là lúc khi đa số các nhà khoa học tin vào một vũ trụ tĩnh đã luôn luôn hiện hữu. Bằng chứng cho điều ngược lại là gián tiếp, dựa trên những quan sát do Edwin Hubble thực hiện với chiếc kính thiên văn 100 inch Mount Wilson, trên vùng đồi núi thượng vùng Pasadena, California. Bằng cách phân tích quang phổ ánh sáng do chúng phát ra, Hubble xác định được rằng hầu như toàn bộ các thiên hà đều đang chuyển động ra xa chúng ta, và càng ở xa thì chúng chuyển động càng nhanh.

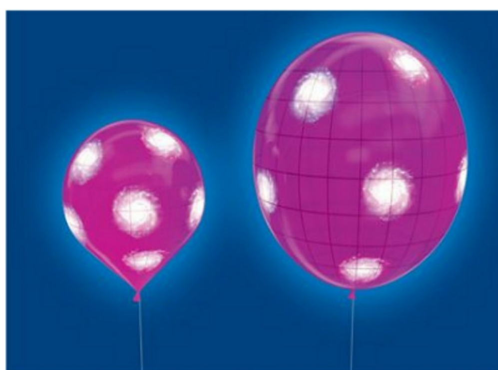
Vào năm 1929, ông đã công bố một định luật liên hệ tốc độ lùi xa của chúng với khoảng cách của chúng đến chúng ta, và kết luận rằng vũ trụ đang giãn nở.

Nếu điều đó là đúng, thì vũ trụ trong quá khứ phải nhỏ hơn hiện nay. Thật vậy, nếu chúng ta ngoại suy đến quá khứ xa xôi, thì toàn bộ vật chất và năng lượng trong vũ trụ sẽ tập trung trong một vùng rất nhỏ có mật độ và nhiệt độ không thể tưởng tượng nổi, và nếu chúng ta lùi ngược đủ xa, thì sẽ có một thời điểm khai sinh ra mọi thứ - sự kiện ngày nay chúng ta gọi là Big Bang (Vụ nổ lớn).

Quan niệm rằng vũ trụ đang dãn nở có một chút tinh vi. Thí dụ, chúng ta không có ý nói là vũ trụ đang dãn nở theo kiểu, nói thí dụ, người ta có thể mở rộng nhà cửa của mình, bằng cách phá tường và đặt một bể tắm mới tại nơi trước đây từng có một cây sồi hùng vĩ nào đó. Chính xác thì bản thân không gian đang *mở rộ ng*, nghĩa là khoảng cách giữa hai điểm bất kì *bên trong* vũ trụ đang tăng dần. Quan điểm đó xuất hiện vào thập niên 1930 giữa làn sóng tranh luận, nhưng một trong những cách tốt nhất hình dung ra nó là một phép ẩn dụ do nhà thiên văn học ở trường Đại học Cambridge, Authur Eddington, nêu ra vào năm 1931. Eddington hình dung vũ trụ là bề mặt của một quả khí cầu đang dãn nở, và tất cả các thiên hà là những điểm trên bề mặt đó. Hình ảnh minh họa rõ ràng vì sao những thiên hà càng ở xa thì lùi ra xa càng nhanh

so với những thiên hà ở gần. Thí dụ, nếu bán kính của quả khí cầu tăng lên gấp đôi trong mỗi giờ, thì khoảng cách giữa hai thiên hà bất kì trên khí cầu sẽ tăng lên gấp đôi sau mỗi giờ. Nếu tại một thời điểm nào đó, hai thiên hà cách nhau 1 inch, và một giờ sau chúng cách nhau 2 inch, và chúng dường như đang chuyển động tương đối với nhau ở tốc độ 1 inch/giờ. Nhưng nếu ban đầu chúng cách nhau 2 inch, thì một giờ sau chúng sẽ cách nhau 4 inch và sẽ dường như đang chuyển động ra xa nhau ở tốc độ 2 inch/giờ. Đó chính là cái Hubble tìm thấy: một thiên hà càng ở xa, thì nó đang lùi ra xa chúng ta càng nhanh.

Điều quan trọng nên nhận ra là sự dãn nở của vũ trụ không ảnh hưởng đến kích cỡ của những đối tượng vật chất như thiên hà, sao, quả táo, nguyên tử, hay những vật thể khác được giữ lại bởi một loại lực nào đó. Thí dụ, nếu chúng ta quay tròn một đám thiên hà trên quả khí cầu đã nói, thì vòng tròn đó sẽ không nở ra giống như quả khí cầu nở ra. Mà bởi vì các thiên hà được liên kết bằng lực hấp dẫn, cho nên vòng tròn đó và các thiên hà đó vẫn giữ nguyên kích cỡ và sự sắp xếp của chúng khi quả khí cầu nở ra. Điều này là quan trọng vì chúng ta chỉ có thể phát hiện ra sự dãn nở nếu những thiết bị đo của chúng ta có kích cỡ cố định. Nếu vạn vật tự do dãn nở, thì chúng ta, cái thước trong tay chúng ta, phòng thí nghiệm của chúng ta, và vân vân sẽ đều dãn nở tỉ lệ nhau và chúng ta sẽ không để ý thấy bất kì sự khác biệt nào cả.



Quả khí cầu vũ trụ. Những thiên hà ở xa lùi ra xa chúng ta như thể vũ trụ đang ở trên bề mặt của một quả khí cầu khổng lồ.

Chính vũ trụ đang dãn nở là cái mới mẻ đối với Einstein. Nhưng khả năng các thiên hà đang lùi ra xa nhau đã được đề xuất vài năm trước những bài báo của Hubble trình bày nền tảng lí thuyết phát sinh từ phương trình của riêng

Einstein. Năm 1922, nhà vật lí và toán học người Nga Alexander Friedmann đã nghiên cứu cái xảy ra trong một mô hình vũ trụ dựa trên hai giả thuyết đơn giản hóa cao độ về mặt toán học: đó là vũ trụ trông giống hệt nhau theo mọi hướng, và nó trông như thế từ mọi điểm quan sát. Chúng ta biết rằng giả thuyết thứ nhất của Friedmann là không đúng cho lắm – vũ trụ tình cờ không đồng đều ở mọi nơi! Nếu chúng ta ngước nhìn về một hướng, chúng ta có thể trông thấy mặt trời; theo hướng khác, thì thấy mặt trăng hoặc một bầy đoàn tiểu hành tinh.

Nhưng vũ trụ thật sự trông hơi na ná nhau theo mọi hướng khi nhìn ở quy mô lớn hơn – lớn hơn cả khoảng cách giữa các thiên hà. Điều đó có phần tựa như việc nhìn xuống một cánh rừng. Nếu bạn đến đủ gần, bạn có thể phân biệt từng chiếc lá, hay ít nhất là từng cây, và không gian giữa chúng. Nhưng nếu bạn ở đủ cao, bạn có cái nhìn bao quát cả một dặm vuông rừng cây, thì cánh rừng sẽ hiện ra là một tán xanh đồng đều. Chúng ta nói rằng, ở quy mô đó, cánh rừng là đồng đều.

Dựa trên những giả thuyết của mình, Friedmann đã có thể tìm ra một nghiệm cho các phương trình Einstein trong đó vũ trụ dãn nở ra theo kiểu mà Hubble đã sớm phát hiện là đúng. Đặc biệt, vũ trụ mô hình của Friedmann bắt đầu với kích cỡ zero và dãn ra cho đến khi lực hút hấp dẫn làm cho nó chậm lại, và cuối cùng làm cho nó co lại lên chính nó (Hóa ra có hai loại nghiệm cho những phương trình Einstein đồng thời thỏa mãn những giả thuyết của mô hình Friedmann, một nghiệm tương ứng với một vũ trụ trong đó sự dãn nở tiếp tục mãi mãi, mặc dù nó thật sự có nở chậm đi một chút, và nghiệm kia là một vũ trụ trong đó tốc độ dãn nở chậm dần xuống zero, nhưng không bao giờ đạt tới zero). Friedmann đã mất vài năm sau khi đưa ra công trình nghiên cứu của mình, và những quan điểm của ông phần lớn vẫn không được biết tới cho đến khi có khám phá của Hubble. Nhưng vào năm 1927, một giáo sư vật lí và là một thầy tu Thiên chúa La Mã tên là Georges Lemaitre đã đề xuất một quan điểm tương tự: Nếu bạn lần ngược dòng lịch sử vũ trụ về hướng quá khứ, nó trở nên càng lúc càng nhỏ bé cho đến khi bạn đi tới một sự kiện sáng thế - cái ngày nay chúng ta gọi là vụ nổ lớn.

Không phải ai cũng thích bức tranh Big Bang. Thật vậy, tên gọi “Big Bang” được nêu ra vào năm 1949 bởi nhà thiên văn vật lí Cambridge, Fred Hoyle, người tin vào một vũ trụ dãn nở mãi mãi, và đã đặt ra tên gọi trên là một mô

tả mang tính chế giễu. Những quan sát trực tiếp đầu tiên ủng hộ cho quan điểm trên không xuất hiện mãi cho đến năm 1965, với một khám phá rằng có một phông nền vi sóng mờ nhạt trong toàn không gian. Bức xạ nền vi sóng vũ trụ này, hay CMBR, giống với bức xạ trong lò vi sóng của nhà bạn, nhưng năng lượng thì yếu hơn nhiều. Bạn có thể tự quan sát CMBR bằng cách chuyển ti vi sang một kênh không có đài phát – một vài phần trăm hình tuyết lốm đốm bạn thấy trên màn hình là do nó gây ra. Bức xạ trên được khám phá ra một cách tình cờ bởi hai nhà khoa học Bell Labs cố gắng loại trừ tín hiệu nhiễu đó ra khỏi anten thu vi sóng của họ. Ban đầu họ nghĩ sự nhiễu đó có thể là do phân chim bồ câu bám trên thiết bị của họ, nhưng hóa ra trở ngại của họ có một nguồn gốc thú vị hơn – CMBR là bức xạ còn sót lại từ vũ trụ sơ khai rất nóng và rất đặc tồn tại không bao lâu sau Big Bang. Khi vũ trụ dãn nở, nó nguội dần cho đến khi bức xạ trên chỉ còn là tàn dư yếu ớt mà ngày nay chúng ta quan sát thấy.

Hiện nay, bức xạ vi sóng này chỉ có thể làm nóng thức ăn của bạn đến – 270 độ 91

C – bằng 3 độ trên không độ tuyệt đối, và không có ích cho lắm trong việc rang nổ hạt bắp.

Các nhà thiên văn còn tìm thấy những dấu hiệu khác ủng hộ cho bức tranh Big Bang của một vũ trụ sơ khai nóng bỏng, nhỏ xíu. Thí dụ, trong một hai phút đầu tiên, vũ trụ sẽ nóng hơn cả tâm của một ngôi sao điển hình. Trong khoảng thời gian đó, toàn bộ vũ trụ tác dụng như một lò phản ứng nhiệt hạch hạt nhân. Các phản ứng sẽ dừng lại khi vũ trụ đã dãn nở và nguội đi đủ mức, nhưng lí thuyết dự đoán rằng như thế sẽ để lại một vũ trụ gồm chủ yếu là hydrogen, nhưng còn có khoảng 23% helium, cùng với vết tích của helium (tất cả những nguyên tố nặng hơn đều được tạo ra muộn hơn, bên trong các ngôi sao). Tính toán đó phù hợp tốt với lượng hydrogen, helium và lithium mà chúng ta quan sát thấy.

Những phép đo hàm lượng helium và CMBR cung cấp bằng chứng thuyết phục nghiêng về bức tranh Big Bang của vũ trụ rất sơ khai, nhưng mặc dù người ta có thể nghĩ bức tranh Big Bang là một mô tả hợp lí của những thời khắc sơ khai ấy, nhưng thật sai lầm nếu lấy Big Bang để nghĩ tới lí thuyết Einstein đang mang lại một bức tranh thật sự của *ngu*ồ*n g*ố*c* của vũ trụ. Đó

là vì thuyết tương đối tổng quát dự đoán phải có một điểm trong thời gian tại đó nhiệt độ, mật độ, và độ cong của vũ trụ đều là vô hạn, một tình huống mà các nhà toán học gọi là một kì dị. Đối với nhà vật lí, điều này có nghĩa là lí thuyết của Einstein đổ vỡ tại điểm đó và vì thế không thể sử dụng nó để dự đoán vũ trụ đã bắt đầu như thế nào, mà chỉ dự đoán được nó đã diễn tiến như thế nào sau đó. Cho nên, mặc dù chúng ta có thể sử dụng các phương trình của thuyết tương đối tổng quát và những quan sát bầu trời của chúng ta để tìm hiểu về vũ trụ ở một thời kì rất non trẻ, nhưng sẽ là không đúng nếu mang toàn bộ bức tranh Big Bang lùi ngược đến lúc khởi đầu.

Chúng ta sẽ sớm nói tới vấn đề nguồn gốc của vũ trụ, nhưng trước hết hãy dành vài lời nói về pha đầu tiên của sự dãn nở. Các nhà vật lí gọi là nó là pha lạm phát. Trừ khi bạn sống ở Zimbabwe, nơi tốc độ lạm phát tiền tệ gần đây đã vượt quá 200.000.000%, thì thuật ngữ trên nghe chẳng có gì ghê gớm lắm. Nhưng theo những ước tính dù là bảo thủ nhất, trong pha lạm phát vũ trụ này, vũ trụ dãn nở đến 1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 lần trong 0,00000000000000000000000000000000001 giây. Nói ví von là giống như một đồng tiền đường kính 1 centi mét đột ngột nở ra đến bằng mười triệu lần bề rộng của Dải Ngân hà. Điều đó nghe như vi phạm thuyết tương đối, lí thuyết đòi hỏi không có gì có thể chuyển động nhanh hơn ánh sáng, nhưng giới hạn tốc độ đó không áp dụng cho sự dãn nở của bản thân vũ trụ.

Quan điểm cho rằng một sự bùng nổ lạm phát như thế đã từng xảy ra lần đầu tiên được đề xuất vào năm 1980, dựa trên những quan sát vượt ngoài thuyết tương đối tổng quát của Einstein và xét đến các mặt của thuyết lượng tử. Vì chúng ta không có một lí thuyết lượng tử hoàn chỉnh của sự hấp dẫn, nên các chi tiết đã và đang được tìm hiểu, và các nhà vật lí không đảm bảo chắc chắn sự lạm phát đã xảy ra như thế nào. Nhưng theo lí thuyết trên, sự dãn nở do lạm phát gây ra sẽ không *hoàn toàn* đồng đều, như bức tranh Big Bang truyền thống dự đoán. Những bất thường này sẽ tạo ra những biến thiên nhỏ trong nhiệt độ của CMBR trong những hướng khác nhau. Những biến thiên đó là quá nhỏ để quan sát thấy trong thập niên 1960, nhưng chúng đã được phát hiện ra lần đầu tiên vào năm 1992 bởi vệ tinh COBE của NASA, và sau này được đo bởi thiết bị kế nhiệm của nó, vệ tinh WMAP, phóng lên vào năm 2001. Hệ quả là ngày nay chúng ta chắc chắn rằng sự lạm phát thật sự đã từng xảy ra.

Thật trớ trêu, mặc dù những biến thiên nhỏ trong CMBR là bằng chứng cho sự lạm phát, nhưng một nguyên do khiến lạm phát là một khái niệm quan trọng là sự đồng đều gần như hoàn hảo của nhiệt độ của CMBR. Nếu bạn làm cho một phần của một vật nóng hơn xung quanh nó và chờ đợi, thì sau đó đốm nóng sẽ nguội dần và xung quanh của nó thì nóng lên cho đến khi nhiệt độ của vật là đồng đều. Tương tự như vậy, người ta trông đợi vũ trụ cuối cùng sẽ có một nhiệt độ đồng đều. Nhưng quá trình này đòi hỏi thời gian, và nếu sự lạm phát chưa từng xảy ra, thì sẽ không có đủ thời gian trong lịch sử của vũ trụ cho nhiệt ở những vùng cách xa nhau san bằng, giả sử tốc độ truyền nhiệt đó bị giới hạn bởi tốc độ ánh sáng. Một khoảng thời gian dãn nở rất nhanh (nhanh hơn tốc độ ánh sáng nhiều) là giải pháp cứu chữa vì sẽ có đủ thời gian cho sự cân bằng xảy ra trong một vũ trụ sơ khai tiền lạm phát cực kì nhỏ bé.

Sự lạm phát giải thích tiếng nổ trong Big Bang, ít nhất theo nghĩa rằng sự dãn nở do nó mang lại cực đoan hơn nhiều so với sự dãn nở tiên đoán bởi lí thuyết Big Bang truyền thống của thuyết tương đối tổng quát trong khoảng thời gian trong đó sự lạm phát xảy ra. Vấn đề là, để cho những mô hình lí thuyết lạm phát của chúng ta hoạt động, trạng thái ban đầu của vũ trụ phải được xác lập theo một kiểu rất đặc biệt và hết sức không chắc chắn. Vì thế, lí thuyết lạm phát truyền thống giải quyết được một tập hợp vấn đề nhưng lại tạo ra những vấn đề khác – đòi hỏi một trạng thái ban đầu rất đặc biệt. Vấn đề thời gian zero đó bị loại trừ trong lí thuyết hình thành vũ trụ mà chúng ta sắp mô tả sau đây.

Vì chúng ta không thể mô tả sự sáng thế bằng thuyết tương đối tổng quát Einstein, cho nên nếu chúng ta muốn mô tả nguồn gốc của vũ trụ, thì thuyết tương đối tổng quát phải được thay thế bởi một lí thuyết hoàn chỉnh hơn. Người ta muốn có một lí thuyết hoàn chỉnh hơn ngay cả khi thuyết tương đối tổng quát không bị sụp đổ, vì thuyết tương đối tổng quát không xét đến cấu trúc vi mô của vật chất, cái bị chi phối bởi thuyết lượng tử. Như chúng ta đã nhắc tới trong chương 4 rằng đối với đa số những mục đích thực tế, thuyết lượng tử không thích đáng cho lắm đối với sự nghiên cứu cấu trúc vĩ mô của vũ trụ vì thuyết lượng tử áp dụng cho sự mô tả tự nhiên ở cấp vi mô. Nhưng nếu bạn lùi ngược đủ xa trong thời gian, thì vũ trụ nhỏ bằng kích cỡ Planck, một phần tỉ nghìn tỉ nghìn tỉ của một cm, đó là kích cỡ mà thuyết lượng tử

thật sự phải được tính đến. Vì thế, mặc dù chúng ta chưa có một lí thuyết lượng tử hoàn chỉnh của sự hấp dẫn, nhưng chúng ta thật sự biết rằng nguồn gốc của vũ trụ là một sự kiện lượng tử. Hệ quả là, giống hệt như trường hợp chúng ta kết hợp thuyết lượng tử và thuyết tương đối tổng quát – ít nhất là tạm thời – để suy luận ra lí thuyết lạm phát, nếu chúng ta đi ngược thời gian xa hơn nữa và tìm hiểu nguồn gốc của vũ trụ, thì chúng ta phải kết hợp cái chúng ta biết về thuyết tương đối tổng quát và thuyết lượng tử.

Để xem sự kết hợp này hoạt động ra sao, chúng ta cần hiểu nguyên lí trường hấp dẫn làm cong không gian và thời gian. Sự bẻ cong không gian thì dễ hình dung hơn sự bẻ cong thời gian. Hãy tưởng tượng vũ trụ là một mặt bàn billard bằng phẳng. Mặt bàn đó là một không gian phẳng, ít nhất là trong không gian hai chiều. Nếu bạn cho một quả bi lăn trên bàn, nó sẽ chuyển động theo đường thẳng. Nhưng nếu cái bàn bị cong hoặc lõm ở một chỗ nào đó, thì như minh họa bên dưới, khi đó quả bi sẽ lăn theo đường cong.



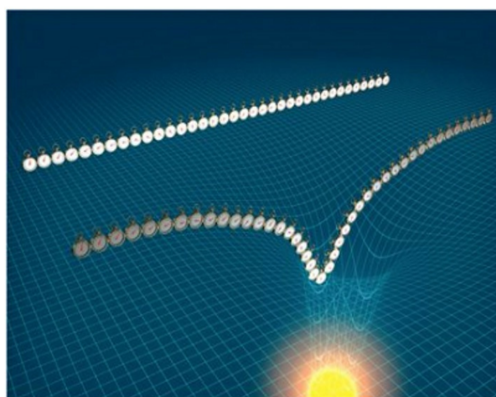
Không gian cong. Vật chất và năng lượng làm bẻ cong không gian, làm thay đổi đường đi của các vật.

Thật dễ hình dung cái bàn billard bị uốn cong như thế nào trong thí dụ này, vì nó cong vào một chiều thứ ba bên ngoài, cái chúng ta có thể nhìn thấy.

Vì chúng ta không thể bước ra khỏi không-thời gian của mình để nhìn sự uốn cong của nó, nên không-thời gian cong trong vũ trụ của chúng ta khó tưởng tượng hơn. Nhưng sự cong có thể phát hiện ra được cho dù bạn không thể bước chân ra và nhìn nó từ viễn cảnh của một không gian rộng lớn hơn. Có thể phát hiện ra nó trong bản thân không gian. Hãy tưởng tượng một con kiến vi mô bị giam giữ trên mặt bàn. Cho dù không có khả năng đi khỏi cái bàn,

nhưng con kiến có thể phát hiện ra sự cong bằng cách đo đạc khoảng cách một cách thận trọng. Thí dụ, khoảng cách vòng quanh một vòng tròn trong không gian phẳng luôn luôn gấp hơn ba lần khoảng đường kính của nó (thực tế là nhân với π).

Nhưng nếu con kiến băng ngang qua vòng tròn vây quanh cái giếng trên bàn trong hình trên, nó sẽ nhận thấy khoảng cách băng ngang lớn hơn so với trông đợi, lớn hơn một phần ba khoảng cách bao quanh vòng tròn. Thật vậy, nếu cái giếng đủ sâu, thì con kiến sẽ tìm thấy khoảng cách bao quanh vòng tròn *ngắn hơn* khoảng cách băng ngang qua nó. Điều tương tự đúng đối với sự cong trong vũ trụ của chúng ta – nó kéo dãn hoặc nén khoảng cách giữa các điểm trong không gian, làm thay đổi hình dạng, hay dạng hình học, của nó theo kiểu có thể đo được từ bên trong vũ trụ. Sự cong của thời gian làm kéo dãn hoặc nén những khoảng thời gian theo một kiểu tương tự.



Không-thời gian cong. Vật chất và năng lượng làm cong thời gian và làm cho chiều không "hòa quyện" với các chiều không gian.

Với những quan niệm này, chúng ta hãy trở lại với vấn đề sự khởi đầu của vũ trụ. Chúng ta có thể nói tách biệt không gian và thời gian, như chúng ta đã làm trong phần thảo luận này, trong những tình huống liên quan đến tốc độ thấp và sự hấp dẫn yếu. Tuy nhiên, nói chung, thời gian và không gian có thể trở nên hòa quyện, và vì thế sự dãn hay nén của chúng cũng liên quan đến một lượng hòa quyện nhất định. Sự hòa quyện này là quan trọng trong vũ trụ sơ khai và là chìa khóa để tìm hiểu sự khởi đầu của thời gian.

Vấn đề sự khởi đầu của thời gian hơi giống với vấn đề biên giới của thế giới. Khi người ta nghĩ thế giới là phẳng, có lẽ người ta đã từng hỏi không biết

biển có tràn qua ranh giới của nó hay không. Điều này đã được kiểm tra thực nghiệm: Người ta có thể đi vòng quanh thế giới mà không bị rơi ra ngoài. Vấn đề cái xảy ra tại ranh giới của thế giới đã được giải quyết khi người ta nhận ra 96

rằng thế giới không phải là một cái đĩa phẳng, mà là một mặt cong. Tuy nhiên, thời gian dường như giống như một đường ray xe lửa mô hình. Nếu nó có sự khởi đầu thì phải có một ai đó (tức là Chúa) đưa đoàn tàu vào chuyển động.

Mặc dù thuyết tương đối tổng quát Einstein đã thống nhất thời gian và không gian thành không-thời gian và bao hàm một sự hòa quyện nhất định của không gian và thời gian, nhưng thời gian vẫn khác với không gian, và hoặc nó có một sự khởi đầu và kết thúc hoặc nó sẽ trôi đi mãi mãi. Tuy nhiên, một khi chúng ta bổ sung các hiệu ứng của lí thuyết lượng tử cho lí thuyết tương đối, trong những trường hợp cực độ, sự cong có thể xảy ra đến mức thời gian hành xử giống như những chiều không gian khác.

Trong vũ trụ sơ khai – khi vũ trụ đủ nhỏ để bị chi phối bởi thuyết tương đối tổng quát lẫn thuyết lượng tử – đã có bốn chiều không gian hiệu dụng và không có chiều thời gian. Điều đó có nghĩa là khi chúng ta nói “sự khởi đầu”

của vũ trụ, chúng ta đang động tới vấn đề tinh vi trên khi chúng ta nhìn ngược về vũ trụ thời kì rất sơ khai, thì thời gian như chúng ta biết là không tồn tại!

Chúng ta phải chấp nhận rằng những quan niệm thông thường của chúng ta về không gian và thời gian không áp dụng được cho vũ trụ rất sơ khai. Điều đó nằm ngoài kinh nghiệm của chúng ta, nhưng không nằm ngoài sức tưởng tượng của chúng ta, hay cơ sở toán học của chúng ta. Nếu như trong vũ trụ sơ khai, cả bốn chiều hành xử giống như không gian, thì điều gì xảy ra với sự khởi đầu của thời gian?

Sự nhận thức rằng thời gian có thể hành xử giống như một chiều khác của không gian có nghĩa là người ta có thể tránh né được vấn đề thời gian có một sự khởi đầu, theo kiểu giống như kiểu trong đó chúng ta né tránh vấn đề ranh giới của thế giới. Giả sử sự khởi đầu của vũ trụ là giống như Nam Cực của Trái đất, với vĩ độ giữ vai trò thời gian. Khi người ta đi về phía bắc, thì những vòng vĩ tuyến không đổi, biểu diễn kích cỡ của vũ trụ, sẽ dãn ra. Vũ trụ sẽ bắt

đầu là một điểm tại Nam Cực, nhưng Nam Cực thì giống hệt như bất kì điểm nào khác. Hỏi rằng cái gì xảy ra trước sự khởi đầu của vũ trụ sẽ trở thành một câu hỏi vô nghĩa, vì không có cái gì ở phía nam của Nam Cực. Trong bức tranh này, không-thời gian không có ranh giới – những định luật tự nhiên đúng ở Nam Cực cũng đúng ở những nơi khác. Theo kiểu tương tự như vậy, khi người ta kết hợp thuyết tương đối tổng quát với thuyết lượng tử, câu hỏi cái gì xảy ra trước sự khởi đầu của vũ trụ bị xem là vô nghĩa. Quan niệm rằng lịch sử là những mặt khép kín không có ranh giới như thế này được gọi là điều kiện không ranh giới.

Trong nhiều thế kỉ, nhiều người, trong đó có Aristotle, tin rằng vũ trụ đã luôn luôn tồn tại để né tránh vấn đề nó đã được thiết lập như thế nào. Những người khác thì tin rằng vũ trụ có một sự khởi đầu, và dùng nó làm một luận cứ cho sự tồn tại của Chúa. Sự nhận thức rằng thời gian hành xử giống như không gian thể hiện một sự lựa chọn mới. Nó bác bỏ sự phản đối lâu đời trước vũ trụ có một sự khởi đầu, nhưng nó cũng có nghĩa là khởi đầu của vũ trụ bị chi phối bởi những định luật khoa học và không cần một thế lực thần thánh nào đưa nó vào chuyển động.

Nếu nguồn gốc của vũ trụ là một sự kiện lượng tử, thì nó sẽ được mô tả chính xác bằng phép lấy tổng Feynman theo lịch sử. Tuy nhiên, việc áp dụng thuyết lượng tử cho toàn bộ vũ trụ – trong đó người quan sát là một bộ phận của hệ đang được quan sát – là không đơn giản. Trong chương 4, chúng ta đã thấy làm thế nào những hạt vật chất bắn vào một màn hứng có hai khe có thể biểu hiện hệ vân giao thoa giống như sóng nước. Feynman trình bày rằng hệ vân này phát sinh vì mỗi hạt không có một lịch sử đơn nhất. Nghĩa là, khi hạt đi từ một điểm xuất phát A đến một điểm đích B nào đó, nó không đi theo một đường đi rạch ròi, mà đồng thời nhận mọi đường đi có thể có nối giữa hai điểm. Từ quan điểm này, sự giao thoa không có gì bất ngờ vì, chẳng hạn, hạt có thể đi qua cả hai khe đồng thời và giao thoa với chính nó. Áp dụng cho chuyển động của một hạt, phương pháp Feynman cho chúng ta biết rằng để tính xác suất của bất kì điểm đích nào, chúng ta cần phải xét mọi lịch sử có thể có mà hạt có thể đi theo từ điểm xuất phát của nó đến điểm đích đó. Người ta còn có thể sử dụng phương pháp Feynman để tính xác suất lượng tử cho những quan sát của vũ trụ.

Nếu áp dụng chúng cho vũ trụ như một tổng thể, thì không có điểm A nào

hết, vì thế chúng ta cộng gộp tất cả những lịch sử thỏa mãn điều kiện không ranh giới và kết thúc tại vũ trụ mà chúng ta thấy ngày nay.

Theo quan điểm này, vũ trụ xuất hiện tự phát, khởi đầu theo mọi cách có thể có. Đa phần trong số này tương ứng với những vũ trụ khác. Trong khi một vài trong số những vũ trụ đó giống với vũ trụ của chúng ta, còn đa phần thì rất khác. Chúng không chỉ khác về chi tiết, như Elvis có thật sự chết trẻ hay cây củ cải có mọc trong sa mạc hay không, mà chúng còn khác ở những định luật tự nhiên biểu kiến của chúng. Thật vậy, nhiều vũ trụ tồn tại với những tập hợp khác nhau của những quy luật vật lí. Một số người xem quan niệm này là một bí ẩn lớn, thỉnh thoảng gọi là khái niệm đa vũ trụ, nhưng đây chỉ là những biểu diễn khác nhau của phép lấy tổng Feynman theo lịch sử.

Để hình dung điều này, hãy biến cải một chút vật tương tự khí cầu của Eddington và nghĩ tới vũ trụ đang dãn nở dưới dạng một cái bọt bóng. Bức tranh của chúng ta về sự sáng thế lượng tử tự phát của vũ trụ khi đó có phần giống với sự hình thành những cái bọt hơi trong nước đang sôi. Nhiều cái bọt nhỏ xíu xuất hiện, rồi sau đó biến mất trở lại. Những vũ trụ mini tượng trưng này dãn ra co lại liên tục trong khi vẫn thuộc kích cỡ vi mô. Chúng diễn tả những vũ trụ khác có thể có, nhưng chúng được quan tâm nhiều vì chúng không tồn tại đủ lâu để phát triển các thiên hà và sao, và rồi sự sống thông minh đơn độc nữa. Tuy nhiên, sau chút ít thời gian, những cái bọt sẽ phát triển đủ lớn để chúng không bị co lại nữa. Chúng sẽ tiếp tục dãn ra ở tốc độ mỗi lúc một tăng dần và sẽ tạo thành những cái bọt hơi chúng ta có thể nhìn thấy. Những cái bọt này tương ứng với những vũ trụ bắt đầu dãn nở ở tốc độ ngày một nhanh – nói cách khác, vũ trụ trong trạng thái lạm phát.

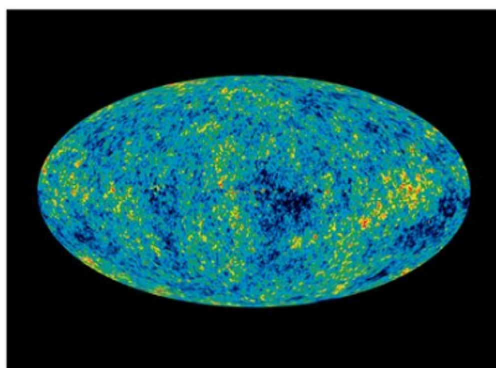


Đ**a** v**ũ** tr**ụ**. Những thăng giáng lượng tử dẫn tới sự hình thành những vũ trụ

nhỏ xíu từ hư vô.

Một vài trong số này đạt tới một kích cỡ tới hạn, sau đó dãn ra theo kiểu lạm phát, tạo thành các thiên hà, sao và, ít nhất là một trường hợp, tạo ra sự sống như chúng ta.

Như chúng ta đã nói, sự dãn nở do lạm phát gây ra sẽ không hoàn toàn đồng đều. Trong phép lấy tổng theo lịch sử, chỉ có duy nhất một lịch sử hoàn toàn đồng đều và đều đặn, và nó sẽ có xác suất lớn nhất, nhưng nhiều lịch sử khác không đều cho lắm cũng có xác suất hầu như là cao. Đó là nguyên do vì sao sự lạm phát dự đoán vũ trụ sơ khai có khả năng hơi không đều, tương ứng với những biến thiên nhỏ trong nhiệt độ quan sát thấy trong CMBR. Sự không đều trong vũ trụ sơ khai là cái may mắn cho chúng ta. Tại sao ư? Sự không đồng đều là cái hay nếu bạn muốn kem tách ra khỏi sữa, nhưng một vũ trụ đồng đều thì thật nhàm chán. Sự không đồng đều trong vũ trụ sơ khai là quan trọng vì nếu một số vùng có mật độ hơi cao hơn những vùng khác, thì lực hút hấp dẫn của mật độ bổ sung sẽ làm chậm sự dãn nở của vùng đó so với vùng xung quanh của nó. Vì lực hấp dẫn từ từ hút vật chất lại với nhau, nên cuối cùng nó có thể làm cho vùng đó co lại để hình thành các thiên hà và sao, rồi có thể dẫn tới các hành tinh và, ít nhất là trong một trường hợp, cả con người nữa. Vì thế hãy tỉ mỉ nhìn vào bản đồ bầu trời vi sóng. Nó là dấu hiệu cho mọi cấu trúc trong vũ trụ. Chúng ta là sản phẩm của những thăng giáng lượng tử trong vũ trụ rất sơ khai. Nếu một người có đức tin, thì người đó có thể nói rằng Chúa thật sự có chơi xúc xắc.



Bức xạ nền vi sóng. Hình ảnh này của bầu trời được tạo ra từ bảy năm dữ liệu WMAP công bố hồi năm 2010. Nó cho thấy những thăng giáng nhiệt độ - thể hiện với màu sắc khác nhau – có tuổi lùi ngược đến 13,7 tỉ năm. Những

thăng giáng trong hình tương ứng với sự chênh lệch nhiệt độ chưa tới một phần nghìn của một độ trong thang nhiệt độ Celsius. Nhưng chúng là những hạt giống lớn lên thành những thiên hà. Ảnh: NASA, Đội Khoa học WMAP

Quan điểm này dẫn tới một cái nhìn vũ trụ khác rõ nét với quan niệm truyền thống, đòi hỏi chúng ta phải điều chỉnh cách chúng ta nghĩ về lịch sử của vũ trụ. Để đưa ra những tiên đoán trong vũ trụ học, chúng ta cần phải tính xác suất của những trạng thái khác nhau của toàn bộ vũ trụ lúc hiện tại. Trong vật lí học, người ta thường giả định một trạng thái ban đầu nào đó cho một hệ và cho nó diễn tiến theo thời gian, sử dụng những phương trình toán học có liên quan.

Cho trước trạng thái của một hệ tại một thời điểm, người ta cố gắng đi tính xác suất để hệ ở trong một trạng thái nào đó tại một thời điểm sau đó. Giả định thường gặp trong vũ trụ học là vũ trụ có một lịch sử đơn nhất rõ ràng. Người ta có thể sử dụng các định luật vật lí để tính xem lịch sử này phát triển như thế nào theo thời gian. Chúng ta gọi đây là cách tiếp cận "từ dưới lên" đối với vũ trụ học. Nhưng vì chúng ta phải tính đến bản chất lượng tử của vũ trụ khi biểu diễn bằng phép lấy tổng Feynman theo lịch sử, nên biên độ xác suất hiện nay vũ trụ ở trong một trạng thái nhất định có được bằng cách cộng gộp những đóng góp từ mọi lịch sử thỏa mãn điều kiện không biên giới và kết thúc ở trạng thái trong câu hỏi. Nói cách khác, trong vũ trụ học, người ta không lần theo lịch sử của vũ trụ từ dưới lên vì điều đó giả định có một lịch sử đơn nhất, với một điểm khởi phát rõ ràng và diễn tiến. Thay vào đó, người ta nên lần theo lịch sử từ trên xuống, nhìn ngược từ thời hiện tại. Một số lịch sử sẽ có khả năng hơn những lịch sử khác, và thông thường tổng sẽ bị lấn át bởi một lịch sử đơn nhất khởi phát với sự ra đời của vũ trụ và đạt tới đỉnh điểm trong trạng thái đang xem xét.

Nhưng sẽ có những lịch sử khác cho những trạng thái khả dĩ khác của vũ trụ lúc hiện tại. Điều này dẫn tới một quan điểm khác hoàn toàn của vũ trụ học, và mối quan hệ giữa nhân và quả. Các lịch sử đóng góp cho tổng Feynman không có sự tồn tại độc lập, mà phụ thuộc vào cái đang được đo. Chúng ta tạo ra lịch sử bằng sự quan sát của mình, chứ lịch sử không tạo ra chúng ta.

Quan niệm rằng vũ trụ không có một lịch sử duy nhất độc lập với nhà quan sát dường như mâu thuẫn với những thực tế nhất định mà chúng ta biết.

Có thể có một lịch sử trong đó mặt trăng cấu tạo từ pho mát Roquefort. Nhưng chúng ta đã quan sát thấy mặt trăng không có cấu tạo từ pho mát, thật là tin buồn cho lũ chuột. Vì thế, những lịch sử trong đó mặt trăng cấu tạo từ pho mát không đóng góp vào trạng thái hiện nay của vũ trụ của chúng ta, mặc dù chúng có khả năng đóng góp cho những trạng thái khác. Điều đó nghe tựa như truyện khoa học viễn tưởng, nhưng không phải vậy.

Một hàm ý quan trọng của cách tiếp cận từ trên xuống là các định luật biểu kiến của tự nhiên phụ thuộc vào lịch sử của vũ trụ. Nhiều nhà khoa học tin rằng có tồn tại một lí thuyết khoa học duy nhất giải thích những định luật đó, cũng như những hằng số vật lí của tự nhiên, thí dụ như khối lượng của electron hay chiều kích của không-thời gian. Nhưng vũ trụ học từ trên xuống đòi hỏi các định luật biểu kiến của tự nhiên là khác nhau với những lịch sử khác nhau.

Hãy xét chiều kích biểu kiến của vũ trụ. Theo lí thuyết M, không-thời gian có mười chiều không gian và một chiều thời gian. Quan điểm là bảy chiều không gian đã cuộn lại nhỏ đến mức chúng ta không để ý đến chúng, để lại cho chúng ta ảo giác rằng tất cả những gì tồn tại là ba chiều không gian lớn mà chúng ta đều quen thuộc. Một trong những câu hỏi mở trọng điểm trong lí thuyết M là: Tại sao trong vũ trụ của chúng ta không có những chiều lớn hơn, và tại sao không phải chiều nào cũng cuộn lại?

Nhiều người thích tin rằng có một cơ chế nào đó làm cho tất cả các chiều cuộn lại nhưng ba chiều không gian trên không cuộn lại tự phát. Một lí giải khác là có lẽ tất cả các chiều lúc bắt đầu là nhỏ, nhưng vì nguyên do gì đó chưa hiểu rõ, ba chiều không gian dãn ra và phần còn lại thì không. Tuy nhiên, dường như không có một cơ chế động lực học nào cho vũ trụ xuất hiện có bốn chiều. Thay vào đó, vũ trụ học từ trên xuống dự đoán rằng số lượng những chiều không gian lớn không bị cố định bởi bất kì nguyên lí vật lí nào. Sẽ có một biên độ xác suất lượng tử cho mỗi lượng chiều không gian lớn từ 0 đến 10.

Tổng Feynman cho phép tất cả những số lượng này, đối với mỗi lịch sử có thể có cho vũ trụ, nhưng sự quan sát thấy vũ trụ của chúng ta có ba chiều không gian lớn đã lọc ra lớp con những lịch sử có tính chất đang được quan sát. Nói cách khác, xác suất lượng tử để vũ trụ có nhiều hơn hoặc ít hơn ba

chiều không gian lớn là không thỏa đáng vì chúng ta đã xác định rằng chúng ta có mặt trong một vũ trụ có ba chiều không gian lớn. Miễn là biên độ xác suất cho ba chiều không gian lớn không chính xác bằng không, thì cho dù nó nhỏ bao nhiêu so với biên độ xác suất cho những số lượng chiều khác là không thành vấn đề.

Điều đó tựa như việc yêu cầu biên độ xác suất để đức giáo hoàng hiện nay là người Trung Quốc vậy. Chúng ta biết ông là người Đức, mặc dù xác suất để ông là người Trung Quốc thì cao hơn vì có nhiều người Trung Quốc hơn người Đức. Tương tự, chúng ta biết vũ trụ của chúng ta biểu hiện ba chiều không gian lớn, và vì thế mặc dù những số lượng khác của những chiều không gian lớn có thể có biên độ xác suất lớn hơn, nhưng chúng ta chỉ quan tâm đến những lịch sử có ba chiều thôi.

Còn những chiều đã cuộn lại thì sao? Nhắc lại rằng trong lí thuyết M, hình dạng chính xác của những chiều đã cuộn lại còn lại, không gian nội, xác định giá trị của các đại lượng vật lí, như điện tích trên electron, và bản chất của những tương tác giữa các hạt sơ cấp, nghĩa là các lực của tự nhiên. Mọi thứ sẽ đi vào ngăn nắp nếu lí thuyết M chỉ cho phép một hình dạng cho những chiều cuộn lại, hoặc có lẽ là một vài hình dạng, nhưng một trong số đó có thể bị loại trừ bởi một số phương tiện, để lại cho chúng ta đúng một khả năng cho những định luật biểu kiến của tự nhiên. Thay vậy, có biên độ xác suất cho có lẽ đến 10500 không gian nội khác nhau, mỗi không gian dẫn tới những định luật và giá trị khác nhau cho các hằng số vật lí.

Nếu người ta xây dựng lịch sử của vũ trụ từ dưới lên, thì không có lí do gì cho vũ trụ kết thúc với không gian nội cho những tương tác hạt mà chúng ta thật sự quan sát thấy, mô hình chuẩn (của các tương tác hạt sơ cấp). Nhưng trong cách tiếp cận từ trên xuống, chúng ta chấp nhận rằng vũ trụ tồn tại với tất 102

cả những không gian nội có thể có. Trong một số vũ trụ, các electron có trọng lượng bằng quả bóng golf và lực hấp dẫn mạnh hơn lực từ. Trong vũ trụ của chúng ta, mô hình chuẩn, cùng với tất cả những thông số của nó, áp dụng được.

Người ta có thể tính biên độ xác suất cho không gian nội dẫn tới mô hình

chuẩn trên cơ sở điều kiện không biên giới. Như với xác suất có một vũ trụ với ba chiều không gian lớn, chúng ta không quan tâm biên độ này nhỏ bao nhiêu so với những xác suất khác vì chúng ta đã quan sát thấy mô hình chuẩn mô tả vũ trụ của chúng ta.

Lí thuyết chúng ta mô tả trong chương này là có thể kiểm tra. Trong những thí dụ trước, chúng ta đã nhấn mạnh rằng những biên độ xác suất tương đối cho những vũ trụ khác hoàn toàn, thí dụ những vũ trụ có một số chiều không gian lớn khác, là không thành vấn đề. Tuy nhiên, những biên độ xác suất tương đối cho những vũ trụ lân cận nhau (tức là tương đồng) là quan trọng.

Điều kiện không biên giới hàm ý rằng biên độ xác suất là cao nhất đối với những lịch sử trong đó vũ trụ bắt đầu hoàn toàn phẳng. Biên độ đó giảm đi đối với những vũ trụ lộn xộn hơn. Điều này có nghĩa là vũ trụ sơ khai hầu như là phẳng, nhưng có những kì dị nhỏ. Như đã lưu ý, chúng ta có thể quan sát những kì dị này dưới dạng những biến thiên nhỏ trong nền vi sóng đến từ những hướng khác nhau của bầu trời. Chúng đã được tìm thấy là khớp với yêu cầu chung của lí thuyết lạm phát; tuy nhiên, những phép đo chính xác hơn là cần thiết để phân biệt trọn vẹn lí thuyết từ trên xuống với những lí thuyết khác, và để hoặc là củng cố nó, hoặc là bác bỏ nó. Những phép đo này có thể thực hiện bằng vệ tinh trong tương lai.

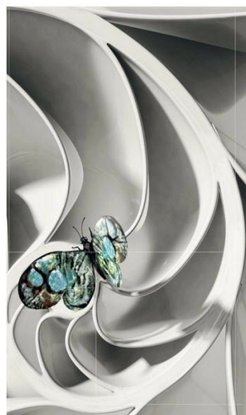
Hàng trăm năm trước đây, người ta từng nghĩ rằng trái đất là độc nhất vô nhị, và nằm tại trung tâm của vũ trụ. Ngày nay, chúng ta biết rằng có hàng trăm tỉ ngôi sao trong thiên hà của chúng ta, một phần trăm lớn trong số chúng có những hệ hành tinh, và hàng trăm tỉ thiên hà. Những kết quả mô tả trong chương này cho biết rằng vũ trụ của chúng ta tự nó cũng là một trong nhiều vũ trụ, và những định luật biểu kiến của nó không hoàn toàn xác định theo kiểu duy nhất. Điều này thật đáng thất vọng đối với những ai hi vọng rằng một lí thuyết tối hậu, một lí thuyết của tất cả, sẽ dự đoán bản chất của cơ sở vật lí hàng ngày. Chúng ta không thể dự đoán những đặc điểm riêng biệt như số chiều không gian lớn hay không gian nội xác định các đại lượng vật lí mà chúng ta quan sát thấy (thí dụ, khối lượng và điện tích của electron và những hạt sơ cấp khác). Thay vậy, chúng ta sử dụng những con số đó để chọn lựa những lịch sử đóng góp cho tổng Feynman.

Chúng ta dường như đang ở một điểm tới hạn trong lịch sử khoa học, trong

đó chúng ta phải thay đổi quan niệm của mình về mục tiêu và về cái làm cho một lí thuyết vật lí có thể chấp nhận được. Dường như những con số cơ 103

bản, và cả dạng thức, của các định luật biểu kiến của tự nhiên không yêu cầu bởi một nguyên lí lôgic hay nguyên lí vật chất nào. Các thông số đó tự do nhận nhiều giá trị và các định luật nhận bất kì dạng nào dẫn tới một lí thuyết toán học tự tương thích, và chúng thật sự nhận những giá trị khác nhau và những dạng thức khác nhau trong những vũ trụ khác nhau. Điều đó có lẽ không thỏa mãn mong muốn của con người là đặc biệt, hoặc khám phá ra một kiện hàng ngăn nắp chứa tất cả các định luật vật lí, nhưng nó dường như thật sự là con đường của tự nhiên.

Dường như có một diện mạo hết sức phong phú của những vũ trụ có thể có. Tuy nhiên, như chúng ta sẽ thấy trong chương tiếp theo, vũ trụ trong đó sự sống như chúng ta tồn tại là hiếm gặp. Chúng ta đang sống trong một vũ trụ trong đó sự sống là có thể, nhưng nếu vũ trụ chỉ hơi khác đi một chút, thì những sinh vật như chúng ta không thể nào tồn tại. Chúng ta là gì trước sự điều chỉnh tinh tế này? Có bằng chứng nào cho thấy vũ trụ, sau hết thảy, được thiết kế bởi một đấng sáng thế nhân từ hay không? Hoặc là khoa học có mang đến một lời giải thích khác hay không?



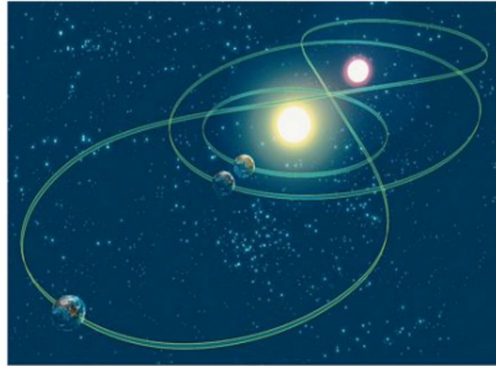
7 - Phép màu hiển hiện

Truyền thuyết Trung Quốc kể rằng dưới triều nhà Hạ (khoảng 2205 – 1782 tCN) , môi trường vũ trụ của chúng ta có sự chuyển biến đột ngột. Mười mặt trời xuất hiện trên bầu trời. Loài người trên trái đất hứng chịu cái nóng khủng khiếp, nên hoàng đế đã hạ lệnh cho chàng thợ săn nổi tiếng bắn hạ những mặt trời dư thừa. Chàng thợ săn được tặng thưởng một viên linh đan có sức mạnh trường sinh bất tử, nhưng vợ của chàng đã đánh cắp nó. Vì tội lỗi đó, nàng bị lưu đày lên mặt trăng.

Người Trung Quốc có lí khi nghĩ rằng một hệ mặt trời với mười mặt trời là không thân thiện với cuộc sống của loài người. Ngày nay, chúng ta biết rằng bất kì hệ mặt trời nào có nhiều mặt trời sẽ không bao giờ có khả năng cho phép sự sống phát triển. Nguyên nhân không đơn giản là vì sức nóng khủng khiếp như truyền thuyết Trung Hoa đã tưởng tượng. Thật ra, một hành tinh có thể hứng chịu một nhiệt độ dễ chịu trong khi quay xung quanh nhiều ngôi sao, ít nhất là trong một khoảng thời gian nào đó. Nhưng sức nóng đồng đều trong những khoảng thời gian dài, một tình huống dường như cần thiết cho sự sống, sẽ là không thể. Để hiểu rõ tại sao, hãy xét cái xảy ra trong loại hệ nhiều sao đơn giản nhất, một hệ có hai mặt trời, gọi là hệ sao đôi. Khoảng một nửa số lượng sao trên bầu trời là thành viên của những hệ như thế. Nhưng ngay cả những hệ sao đôi đơn giản cũng chỉ duy trì những quỹ đạo bền nhất định, thuộc loại được minh họa bên dưới. Trong từng quỹ đạo này, có khả năng sẽ có một thời gian trong đó hành tinh hoặc là quá nóng, hoặc là quá lạnh để duy trì sự sống. Tình trạng còn tồi tệ hơn đối với những đám có nhiều sao.

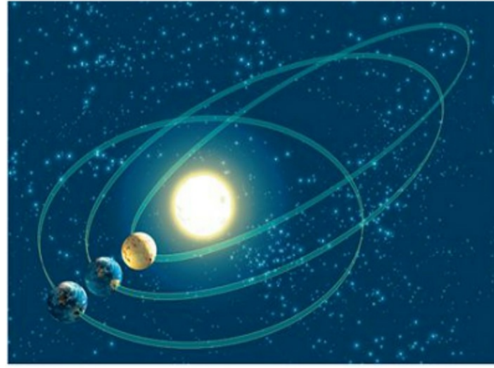
Hệ mặt trời của chúng ta có những tính chất “may mắn” khác mà nếu không thế thì những dạng sống phức tạp sẽ không bao giờ tiến hóa được. Thí dụ, các định luật Newton cho phép những quỹ đạo hành tinh hoặc có dạng tròn, hoặc dạng elip (hình elip là hình tròn bị dẹt, một trục thì rộng hơn, còn trục kia thì hẹp hơn). Mức độ dẹt của một elip được mô tả bởi cái gọi là độ lệch tâm của nó, một con số giữa 0 và 1. Một độ lệch tâm gần bằng 0 có nghĩa là hình dạng gần như tròn, còn một độ lệch tâm gần bằng 1 có nghĩa là nó rất dẹt. Kepler bị đánh đổ bởi quan niệm rằng các hành tinh không chuyển động trong những vòng tròn hoàn hảo, mà quỹ đạo của trái đất có độ lệch tâm chỉ khoảng 2%,

nghĩa là nó gần như tròn. Hóa ra đây là một điều rất may mắn.



Quỹ đạo hành tinh. Các hành tinh quay xung quanh những hệ sao đôi sẽ có khả năng có thời tiết khắc nghiệt, vào một số mùa thì quá nóng đối với sự sống, vào những mùa khác thì lại quá lạnh.

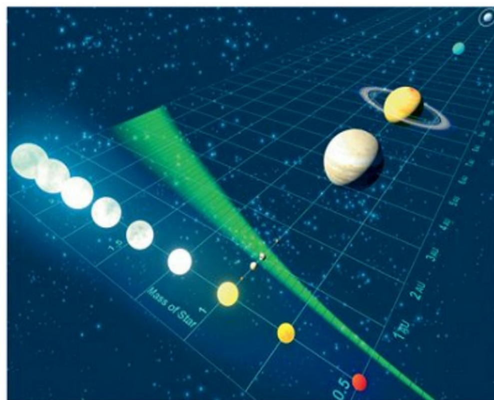
Kiểu thời tiết theo mùa trên trái đất được xác định chủ yếu bởi sự nghiêng của trục quay của trái đất so với mặt phẳng quỹ đạo của nó xung quanh mặt trời. Vào mùa đông ở bán cầu bắc, chẳng hạn, Cực Bắc nghiêng ra xa phía mặt trời. Thực tế trái đất ở gần mặt trời nhất vào lúc đó – chỉ cách mặt trời 91,5 triệu dặm so với khoảng 94,5 triệu dặm vào tháng 7 – có tác động không đáng kể lên nhiệt độ so với tác động của sự nghiêng của nó. Nhưng trên những hành tinh có độ lệch tâm quỹ đạo lớn, khoảng cách đến mặt trời biến thiên giữ một vai trò to lớn hơn nhiều. Thí dụ, trên Thủy tinh, với độ lệch tâm 20%, nhiệt độ lúc hành tinh gần mặt trời nhất (điểm cận nhật) cao hơn 200 độ Fahrenheit so với nhiệt độ lúc nó ở xa mặt trời nhất (điểm viễn nhật). Thật vậy, nếu độ lệch tâm của quỹ đạo trái đất gần bằng 1, thì các đại dương của chúng ta sẽ sôi lên khi chúng ta tiến đến điểm gần mặt trời nhất, và sẽ đóng băng khi chúng ta tiến đến điểm xa mặt trời nhất, khiến những kì nghỉ mùa đông lẫn mùa hè đều chẳng dễ chịu chút nào. Những độ lệch tâm quỹ đạo lớn không dẫn tới sự sống, cho nên chúng ta thật may mắn khi có một hành tinh với độ lệch tâm quỹ đạo gần bằng không.



Độ **lệch tâm**. Độ lệch tâm là số đo một elip gần tròn như thế nào. Những quỹ đạo tròn là thân thiện với sự sống, còn những quỹ đạo rất dẹt mang lại những thăng giáng nhiệt độ theo mùa rất lớn.

Chúng ta cũng may mắn ở trong mối quan hệ của khối lượng mặt trời của chúng ta và khoảng cách của chúng ta đến nó. Đó là vì khối lượng của một ngôi sao xác định lượng năng lượng mà nó giải phóng. Những ngôi sao lớn nhất có khối lượng bằng khoảng 100 lần mặt trời của chúng ta, còn những ngôi sao nhỏ nhất có khối lượng nhỏ hơn khoảng 100 lần. Và chưa hết, giả sử khoảng cách trái đất-mặt trời là cho trước, nếu mặt trời của chúng ta chỉ nhẹ hơn hoặc nặng hơn chừng 20% thì trái đất sẽ lạnh hơn cả sao Hỏa ngày nay hoặc nóng hơn Kim tinh ngày nay.

Từ trước đến nay, với ngôi sao bất kì cho trước, các nhà khoa học định nghĩa vùng ở được là khu vực hẹp bao quanh ngôi sao, trong đó nhiệt độ thích hợp sao cho nước lỏng có thể tồn tại. Vùng ở được thỉnh thoảng được gọi là “vùng Goldilocks” , vì yêu cầu nước lỏng có thể tồn tại có nghĩa là, giống như Goldilocks, sự phát triển của sự sống thông minh đòi hỏi nhiệt độ hành tinh là “vừa đủ”. Vùng ở được trong hệ mặt trời của chúng ta, như hình bên dưới, là nhỏ xíu. May thay, toàn bộ chúng ta, dạng sinh vật sống thông minh, trái đất nằm trong vùng đó!



Vùng Goldilocks. Nếu Goldilocks là những hành tinh mẫu, thì nàng chỉ tìm thấy những hành tinh đó trung vùng màu xanh thích hợp cho sự sống. Ngôi sao màu vàng thể hiện mặt trời của chúng ta. Những ngôi sao trắng hơn thì lớn hơn và nóng hơn, còn những ngôi sao đỏ hơn thì nhỏ hơn và nguội hơn. Những hành tinh nằm gần mặt trời của chúng hơn vùng ở được sẽ quá nóng cho sự sống, còn những hành tinh nằm ngoài vùng đó thì quá lạnh. Cỡ của vùng ở được của ngôi sao nhỏ hơn thì nhỏ hơn.

Newton tin rằng hệ mặt trời ở được lạ lùng của chúng ta không "ra khỏi sự hỗn loạn đơn thuần do những định luật của tự nhiên". Thay vậy, ông cho rằng trật tự trong vũ trụ "được Chúa tạo ra lúc ban đầu và được ngài giữ gìn cho đến ngày nay ở trạng thái và điều kiện như cũ". Thật dễ hiểu tại sao người ta có thể nghĩ như thế. Nhiều sự kiện không có khả năng đã cùng nhau hiệp lực cho phép sự tồn tại của chúng ta, và thiết kế thân thiện nhân loại của thế giới của chúng ta thật sự là câu đố bí ẩn nếu thế giới của chúng tôi là hệ mặt trời duy nhất trong vũ trụ. Nhưng vào năm 1992 đã xuất hiện quan sát được xác nhận đầu tiên của một hành tinh đang quay xung quanh một ngôi sao khác ngoài mặt trời của chúng ta. Ngày nay, chúng ta biết có hàng trăm hành tinh như thế, và một số người nghi ngờ rằng phải có vô số những hành tinh khác trong số nhiều tỉ ngôi sao trong vũ trụ của chúng ta. Điều đó khiến cho sự trùng hợp ngẫu nhiên của những điều kiện hành tinh của chúng ta – một mặt trời, sự kết hợp may mắn của khoảng cách trái đất-mặt trời và khối lượng mặt trời – kém nổi bật hơn nhiều, và kém thuyết phục hơn nhiều so với bằng chứng trái đất đã được thiết kế thận trọng để đáp ứng nhu cầu sống của chúng ta. Các hành tinh thuộc đủ kiểu loại đều tồn tại. Một số – hay ít nhất là một – dung dưỡng sự sống. Rõ ràng, khi những sinh vật trên một hành tinh dung dưỡng sự sống khảo sát thế giới xung quanh chúng, chúng buộc phải tìm thấy

rằng môi trường của chúng thỏa mãn các điều kiện mà chúng cần để tồn tại.

Người ta có thể chuyển phát biểu vừa nêu thành một nguyên lí khoa học:

Sự tồn tại của chúng ta áp đặt những quy tắc xác định từ nơi và từ lúc cho phép chúng ta quan sát vũ trụ. Nghĩa là, thực tế sự sống của chúng ta ràng buộc những đặc trưng của loại môi trường trong đó chúng ta tìm thấy chính mình.

Nguyên lí đó được gọi là nguyên lí nhân sinh yếu. (Chúng ta sẽ sớm thấy vì sao có tính từ "yếu" trong tên gọi đó) Một tên gọi hay hơn cho "nguyên lí nhân sinh" là "nguyên lí chọn lọc" , vì nguyên lí trên gợi đến cách thức mà sự hiểu biết của riêng chúng ta về sự tồn tại của chúng ta áp đặt những quy tắc chọn lọc, trong số tất cả những môi trường có thể có, chỉ những môi trường có những đặc trưng cho phép sự sống.

Mặc dù nghe có vẻ triết lí, nhưng nguyên lí nhân sinh yếu có thể dùng để đưa ra những dự đoán khoa học. Thí dụ, vũ trụ bao nhiêu tuổi? Như chúng ta sẽ sớm thấy, để cho chúng ta tồn tại, vũ trụ phải chứa những nguyên tố như carbon, chúng được tạo ra bởi sự xào nấu những nguyên tố nhẹ hơn ở bên trong các ngôi sao. Sau đó, carbon phải được gieo rắc trong vũ trụ trong một vụ nổ sao siêu mới, và cuối cùng co lại thành một phần của một hành tinh trong một hệ mặt trời thế hệ mới. Vào năm 1961, nhà vật lí Robert Dicke cho rằng quá trình trên mất khoảng 10 tỉ năm, vì thế sự sống của chúng ta ở nơi đây có nghĩa là vũ trụ ít nhất cũng phải lớn tuổi như thế. Mặc khác, vũ trụ không thể nào già hơn 10 tỉ năm nhiều lắm, vì trong tương lai xa, toàn bộ nhiên liệu cho các ngôi sao sẽ cạn kiệt, và chúng ta cần có những ngôi sao nóng cho sự tồn tại của mình. Vì thế, vũ trụ phải khoảng chừng 10 tỉ năm tuổi. Đó không phải là một dự đoán rất chính xác, nhưng lại đúng – theo số liệu hiện nay, vụ nổ lớn đã xảy ra cách nay khoảng 13,7 tỉ năm trước.

Như với trường hợp tuổi của vũ trụ, các tiên đoán nhân sinh thường mang lại một ngưỡng giá trị cho một thông số vật lí cho trước thay vì xác định nó một cách chính xác. Đó là vì sự tồn tại của chúng ta, trong khi không đòi hỏi một giá trị đặc biệt của một số thông số vật lí, thường phụ thuộc vào những thông số đó không biến thiên quá nhiều khỏi nơi chúng ta thật sự tìm thấy chúng. Ngoài ra, chúng ta còn muốn những điều kiện thật sự trong thế giới của

chúng ta thường nằm trong ngưỡng nhân sinh cho phép. Chẳng hạn, nếu chỉ những độ lệch tâm khiêm tốn, nói thí dụ giữa 0 và 0,5, sẽ cho phép sự sống, thì một độ lệch tâm 0,1 sẽ không khiến chúng ta bất ngờ vì trong số tất cả những hành tinh trong vũ trụ, một phần trăm hợp lí có khả năng có quỹ đạo có độ lệch tâm nhỏ.

Nhưng nếu hóa ra trái đất chuyển động trong một vòng tròn gần như hoàn hảo, với độ lệch tâm thí dụ 0,00000000001, thì nó sẽ biến trái đất thành một hành tinh thật sự rất đặc biệt, và thúc đẩy chúng ta cố gắng lí giải tại sao chúng ta tìm thấy bản thân mình sinh sống trong một ngôi nhà dị thường như thế. Quan điểm đó thỉnh thoảng được gọi là nguyên lí tầm thường.

Sự trùng hợp ngẫu nhiên may mắn gắn liền với hình dạng của những quỹ đạo hành tinh, khối lượng của mặt trời, và vân vân, được gọi là thuộc về môi trường, vì chúng phát sinh từ sự may mắn tình cờ của môi trường của chúng ta, chứ không phải từ một sự may mắn trong những định luật cơ bản của tự nhiên.

Tuổi của vũ trụ cũng là một yếu tố thuộc về môi trường, vì có một thời điểm sớm và một thời điểm muộn trong lịch sử của vũ trụ, nhưng chúng ta phải sống trong kỉ nguyên này vì nó là kỉ nguyên duy nhất dẫn tới sự sống. Những sự trùng hợp thuộc về môi trường là dễ hiểu, vì thế giới của chúng ta chỉ là một trong trong nhiều ngôi nhà tồn tại trong vũ trụ, và rõ ràng chúng ta phải tồn tại trong một ngôi nhà dung dưỡng sự sống.

Nguyên lí nhân sinh yếu không có tính tranh cãi cho lắm. Nhưng có một dạng có sức mạnh hơn chúng ta sẽ trình bày ở đây, mặc dù nó bị một số nhà vật lí xem thường. Nguyên lí nhân sinh mạnh cho rằng thực tế chúng ta tồn tại áp đặt những ràng buộc không chỉ lên *môi trườ ng* của chúng ta mà còn lên *dạ ng thứ c và nộ i dung* có thể có *củ a chính nhữ ng đị nh luậ t củ a tự nhiên*. Quan điểm trên phát sinh vì không chỉ những đặc trưng kì lạ của hệ mặt trời của chúng ta có vẻ thuận lợi một cách lạ lùng cho sự phát triển của sự sống nhân loại, mà cả những đặc trưng của toàn bộ vũ trụ của chúng ta, và điều đó thì khó giải thích hơn nhiều.

Câu chuyện làm thế nào vũ trụ nguyên thủy gồm hydrogen, helium và một ít lithium phát triển thành một vũ trụ có chứa ít nhất là một thế giới với sự sống

thông minh như chúng ta là một câu chuyện gồm nhiều chương. Như chúng ta đã đề cập ở phần trước, các lực của tự nhiên phải sao cho các nguyên tố nặng – đặc biệt là carbon – có thể sinh ra từ những nguyên tố nguyên thủy, và vẫn bền vững trong ít nhất hàng tỉ năm trời. Những nguyên tố nặng đó đã được ra đời trong những lò luyện mà chúng ta gọi là sao, vì thế trước tiên các lực phải cho phép các sao và thiên hà hình thành. Những ngôi sao và thiên hà đó lớn lên từ những hạt giống là những dị thường nhỏ xíu trong vũ trụ sơ khai vốn hầu như hoàn toàn đồng nhất nhưng may thay có chứa những biến thiên mật độ khoảng 1 phần 100.000. Tuy nhiên, sự tồn tại của các ngôi sao, và sự tồn tại bên trong những ngôi sao đó của các nguyên tố cấu tạo nên chúng ta, là chưa đủ. Cơ chế động lực học của các ngôi sao phải sao cho một số ngôi sao cuối cùng thì phát nổ, và ngoài ra, phải nổ chính xác theo kiểu có thể phân tán những nguyên tố nặng trong không gian. Ngoài ra, các định luật của tự nhiên phải đòi hỏi những tàn dư đó có thể co trở lại thành một thế hệ sao mới, bao quanh là những hành tinh đã tích góp những nguyên tố nặng mới sinh. Giống hệt như những sự kiện phải xảy ra trên trái đất sơ khai để cho phép chúng ta phát triển, mỗi mắc xích của chuỗi sự kiện này là cần thiết cho sự tồn tại của chúng ta. Nhưng trong trường hợp những sự kiện mang lại sự phát triển của vũ trụ, những phát triển như thế bị chi phối bởi sự cân bằng của những lực cơ bản của tự nhiên, và những lực đó có vai trò phải vừa vặn thích hợp để cho chúng ta tồn tại.

Một trong những người đầu tiên nhận ra rằng chuỗi sự kiện này có thể bao hàm một số đo tốt của sự may rủi tình cờ là Fred Hoyle, vào thập niên 1950. Hoyle tin rằng tất cả các nguyên tố hóa học vốn hình thành từ hydrogen, nguyên tố ông cảm thấy là chất liệu nguyên thủy đích thực. Hydrogen là hạt nhân nguyên tử đơn giản nhất, gồm chỉ một proton, hoặc đơn độc, hoặc kết hợp với một hoặc hai neutron. (Những dạng khác nhau của hydrogen, hay bất kì hạt nhân nào khác, có cùng số proton nhưng khác số neutron được gọi là đồng vị)

Ngày nay, chúng ta biết rằng helium và lithium, các nguyên tử có hạt nhân chứa hai và ba proton, cũng được tổng hợp thời nguyên thủy, với những lượng nhỏ hơn nhiều, khi vũ trụ khoảng 200 giây tuổi. Mặt khác, sự sống phụ thuộc vào những nguyên tố phức tạp hơn. Carbon là quan trọng nhất trong số này, nó là cơ sở cho mọi quá trình hóa học hữu cơ.

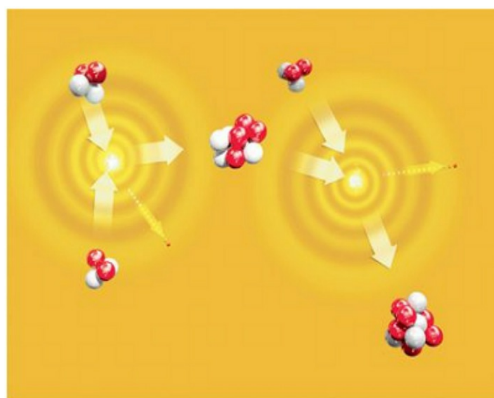
Mặc dù người ta có thể tưởng tượng ra những sinh vật "sống" như máy vi tính thông minh sinh ra từ những nguyên tố khác, như silicon, nhưng cái đáng ngờ là sự sống có thể phát triển *tự phát* trong sự vắng mặt của carbon. Nguyên do vì điều đó mang tính kĩ thuật nhưng phải làm với kiểu độc nhất vô nhị trong đó carbon liên kết với những nguyên tố khác. Carbon dioxide, chẳng hạn, là chất khí ở nhiệt độ phòng, nhưng rất có ích về mặt sinh học. Vì silicon là nguyên tố nằm ngay dưới carbon trong bảng tuần hoàn hóa học, nên nó có những tính chất hóa học tương tự. Tuy nhiên, silicon oxide, thạch anh có trong bộ sưu tập đá thì có ích hơn nhiều so với có trong phổi của sinh vật. Tuy nhiên, có lẽ các dạng sống có thể tiến hóa trên bữa tiệc silicon đó và vẫy đuôi của chúng một cách nhịp nhàng trong những hồ ammonia lỏng. Mặc dù dạng sống kì lạ đó không thể tiến hóa ngay từ những nguyên tố nguyên thủy, nhưng để cho những nguyên tố đó có thể hình thành duy chỉ hai hợp chất bền, lithium hydride, đó là một chất rắn kết tinh không màu, và chất khí hydrogen, không có nguyên tố nào trong số chúng mà một hợp chất có khả năng tái sinh hoặc thậm chí yêu đương. Đồng thời, thực tế còn lại là *chúng ta* là một dạng sống carbon, và điều đó làm phát sinh vấn đề làm thế nào carbon, với hạt nhân gồm sáu proton, và những nguyên tố nặng khác trong cơ thể của chúng ta được tạo ra.

Bước thứ nhất xảy ra khi những ngôi sao già bắt đầu tích lũy helium, chúng sinh ra khi hai hạt nhân hydrogen va chạm và hợp nhất với nhau. Sự hợp nhân này là cách những ngôi sao tạo ra năng lượng sưởi ấm cho chúng ta. Hai nguyên tử helium có thể va chạm, tạo thành beryllium, một nguyên tử có hạt nhân chứa bốn proton. Một khi beryllium ra đời, trên nguyên tắc nó có thể hợp nhất với một hạt nhân helium thứ ba để tạo thành carbon. Nhưng điều đó không xảy ra, vì đồng vị đó của beryllium hình thành sẽ phân hủy hầu như tức thời trở lại thành các hạt nhân helium.

Tình huống trên thay đổi khi một ngôi sao bắt đầu cạn kiệt hydrogen. Khi điều đó xảy ra, nhân của ngôi sao co lại cho đến khi nhiệt độ lõi của nó tăng đến khoảng 100 triệu độ Kelvin. Dưới những điều kiện đó, các hạt nhân va chạm nhau thường xuyên đến mức một số hạt nhân beryllium va chạm với một hạt nhân helium trước khi chúng có cơ hội phân hủy. Sau đó, beryllium có thể hợp nhất với helium tạo thành một đồng vị carbon bền. Nhưng carbon đó còn lâu mới hình thành nên những tập hợp trật tự của những hợp chất hóa

học thuộc loại có thể yêu thích kính mắt Bordeaux, tung ném bowling, hoặc nêu những câu hỏi về vũ trụ. Để cho những sinh vật như loài người tồn tại, carbon đó phải di chuyển từ bên trong ngôi sao sang những vùng phụ cận thân thiện hơn. Như chúng ta đã nói, sự di chuyển đó hoàn tất khi ngôi sao, ở cuối chu kì sống của nó, phát nổ dưới dạng sao siêu mới, giải phóng carbon và những nguyên tố nặng khác sau này co lại thành một hành tinh.

Quá trình hình thành carbon như thế này được gọi là quá trình bộ ba alpha vì "hạt alpha" là một tên gọi khác cho hạt nhân của đồng vị helium vừa nêu, và vì quá trình trên đòi ba hạt (cuối cùng) hợp nhất với nhau. Cơ sở vật lí thường lệ dự đoán rằng tốc độ sản sinh carbon qua quá trình bộ ba alpha phải khá nhỏ. Lưu ý điều này, vào năm 1952, Hoyle đã dự đoán rằng tổng năng lượng của một hạt nhân beryllium và một hạt nhân helium phải gần như chính xác bằng năng lượng của một trạng thái lượng tử nhất định của đồng vị carbon được hình thành, một tình huống gọi là cộng hưởng, cái làm tăng đáng kể tốc độ của một phản ứng hạt nhân. Lúc ấy, không có mức năng lượng nào như thế được biết, nhưng dựa trên đề xuất của Hoyle, William Fowler tại Caltech đã đi tìm và tìm ra nó, mang lại sự hậu thuẫn quan trọng cho quan điểm của Hoyle về cách thức những hạt nhân phức tạp được tạo ra.



Quá trình bộ ba alpha. Carbon được tạo ra bên trong các ngôi sao từ sự va chạm của ba hạt nhân helium, một sự kiện sẽ rất không có khả năng xảy ra nếu không có một tính chất đặc biệt của các định luật của vật lí hạt nhân.

Hoyle đã viết, "Tôi không tin có nhà khoa học nào khảo sát bằng chứng trên sẽ thất bại trước việc nêu ra sự giao thoa mà các định luật của vật lí hạt nhân được thiết kế có chủ ý với những hệ quả mà chúng tạo ra bên trong các ngôi sao". Lúc ấy, không có ai biết đủ kiến thức vật lí hạt nhân để hiểu độ lớn của

sự may rủi tình cờ đó mang lại những định luật vật lí chính xác này. Nhưng trong lúc nghiên cứu giá trị của nguyên lí nhân sinh mạnh, trong những năm gần đây, các nhà vật lí bắt đầu tự hỏi không biết vũ trụ sẽ trông như thế nào nếu các định luật của tự nhiên là khác đi. Ngày nay, chúng ta có thể tạo ra những mô hình trên máy tính cho chúng ta biết tốc độ của phản ứng bộ ba alpha phụ thuộc như thế nào vào độ lớn của các lực cơ bản của tự nhiên. Những tính toán như thế cho biết một sự thay đổi nhỏ chừng 0,5% độ lớn của lực hạt nhân mạnh, hay 4% độ lớn của lực điện, sẽ phá hủy hầu như toàn bộ carbon hoặc toàn bộ oxygen trong mỗi ngôi sao, và do đó phá hủy khả năng có sự sống như chúng ta biết. Chỉ cần thay đổi những quy tắc đó của vũ trụ một chút thôi, thì những điều kiện cho sự tồn tại của chúng ta sẽ không còn nữa!

Bằng cách khảo sát những vũ trụ mô hình mà chúng ta tạo ra khi các lí thuyết vật lí đã được thay đổi theo những kiểu nhất định, người ta có thể nghiên cứu tác động của những thay đổi đối với định luật vật lí theo một kiểu có phương pháp. Hóa ra không chỉ độ lớn của lực hạt nhân mạnh và lực điện từ tạo ra trật tự cho sự tồn tại của chúng ta. Đa số những hằng số cơ bản trong những lí thuyết của chúng ta có vẻ được điều chỉnh tinh tế theo nghĩa là nếu chúng chỉ thay đổi một lượng khiêm tốn thôi, thì vũ trụ sẽ khác về chất, và trong nhiều trường hợp sẽ không thích hợp cho sự phát triển sự sống. Thí dụ, nếu lực hạt nhân còn lại, lực yếu, là yếu hơn nhiều, thì trong vũ trụ sơ khai toàn bộ hydrogen trong vũ trụ sẽ biến thành helium, và vì thế không còn những ngôi sao bình thường nữa; nếu nó mạnh hơn nhiều, thì những sao siêu mới đang nổ sẽ không phóng thích những lớp vỏ ngoài của chúng và vì thế sẽ không gieo mầm cho không gian giữa các sao những nguyên tố nặng mà các hành tinh cần để thúc đẩy sự sống. Nếu các proton nặng hơn 0,2% thì chúng sẽ phân hủy thành neutron, làm mất cân bằng các nguyên tử. Nếu tổng khối lượng của những loại quark cấu tạo nên proton thay đổi chừng 10% thì sẽ có ít hạt nhân nguyên tử bền tạo nên chúng ta hơn; thật vậy, tổng khối lượng quark dường như vừa đủ tối ưu cho sự tồn tại của số lượng lớn nhất những hạt nhân bền.

Nếu người ta giả định rằng một vài trăm triệu năm trong quỹ đạo bền là cần thiết cho sự sống hành tinh tiến hóa, thì số chiều không gian cũng bị cố định bởi sự tồn tại của chúng ta. Đó là vì, theo các định luật của sự hấp dẫn, chỉ trong không gian ba chiều thì những quỹ đạo elip bền mới là có thể. Quỹ đạo

tròn là có thể trong những chiều khác, nhưng những chiều đó, như Newton e ngại, là không bền. Trong những chiều khác ngoài ba chiều ra, ngay cả một nhiễu loạn nhỏ, thí dụ nhiễu loạn gây ra bởi sức hút của những hành tinh khác, sẽ đưa một hành tinh ra khỏi quỹ đạo tròn và làm nó chuyển động xoắn ốc về phía trong hoặc ra xa mặt trời, nên chúng ta sẽ bị thiêu cháy hoặc bị đông cứng.

Đồng thời, trong nhiều hơn ba chiều, lực hấp dẫn giữa hai vật thể sẽ giảm nhanh hơn so với trong ba chiều. Trong không gian ba chiều, lực hấp dẫn giảm đến ¼

giá trị của nó nếu người ta tăng gấp đôi khoảng cách. Trong không gian bốn chiều, nó sẽ giảm đến 1/8, trong không gian năm chiều, nó sẽ giảm đến 1/10, và cứ thế. Kết quả là, trong nhiều hơn ba chiều, mặt trời sẽ không thể tồn tại ở một trạng thái bền với áp suất nội của nó cân bằng với lực hút hấp dẫn. Nó hoặc là bị xé toạc ra, hoặc là co lại thành một lỗ đen, cả hai trường hợp đều làm tiêu tan ngày tháng của bạn. Ở cấp độ nguyên tử, lực điện hành xử giống như lực hấp dẫn vậy. Điều đó có nghĩa là các electron trong nguyên tử sẽ hoặc là thoát ra, hoặc là chuyển động xoắn ốc về phía hạt nhân. Và chẳng có trường hợp nào nguyên tử như chúng ta biết có thể tồn tại.

Sự xuất hiện của những cấu trúc phức tạp có khả năng hậu thuẫn cho những nhà quan sát thông minh dường như là rất mong manh. Các định luật của tự nhiên tạo thành một hệ thống được điều chỉnh cực kì tinh vi, và rất ít cái trong quy luật vật lí có thể thay đổi mà không phá hỏng khả năng của sự phát triển sự sống như chúng ta biết. Nếu không có một chuỗi những sự trùng hợp ngẫu nhiên đến bất ngờ trong những chi tiết chính xác của quy luật vật lí, thì con người và những dạng sống khác sẽ không bao giờ có cơ may hiện diện.

Sự trùng khớp ngẫu nhiên điều chỉnh tinh vi ấn tượng nhất là cái gọi là hằng số vũ trụ học trong các phương trình Einstein của thuyết tương đối tổng quát. Như chúng ta đã nói, vào năm 1915, khi xây dựng lí thuyết trên, Einstein tin rằng vũ trụ là tĩnh, nghĩa là không nở ra cũng không co lại. Vì toàn bộ vật chất hút lẫn nhau, nên ông đưa vào lí thuyết của mình một lực phản hấp dẫn mới để kháng lại xu hướng vũ trụ tự co lại. Lực này, không giống như những lực khác, không phát sinh từ bất kì nguồn đặc biệt nào mà nó ẩn trong cơ cấu của không-thời gian. Hằng số vũ trụ học mô tả độ lớn của lực đó.

Khi người ta phát hiện thấy vũ trụ không tĩnh tại, Einstein đã rút hằng số vũ trụ học ra khỏi lí thuyết của ông và nói việc đưa nó vào là sai lầm lớn nhất của cuộc đời ông. Nhưng vào năm 1998, những quan sát của những sao siêu mới ở rất xa cho thấy vũ trụ đang dãn nở ở một tốc độ tăng dần, một hiệu ứng không thể có nếu không có một loại lực đẩy nào đó tác dụng trên toàn không gian. Hằng số vũ trụ học được làm sống lại. Vì ngày nay chúng ta biết giá trị của nó không bằng không, cho nên câu hỏi còn lại là tại sao nó có giá trị mà nó có? Các nhà vật lí đã đưa ra những lập luận giải thích hằng số vũ trụ học phát sinh như thế nào do những hiệu ứng cơ lượng tử, nhưng giá trị mà họ tính được lớn hơn 120 bậc độ lớn (một số 1 theo sau là 12 số 0) so với giá trị thực tế thu được qua những quan sát sao siêu mới. Điều đó có nghĩa là hoặc sự lí giải dùng trong tính toán là sai, hoặc một hiệu ứng nào đó khác đã triệt tiêu hết một cách kì diệu nhưng chừa lại một phần nhỏ không thể tưởng tượng của con số đã tính được. Một điều chắc chắn là nếu giá trị của hằng số vũ trụ học lớn nhiều, thì vũ trụ của chúng ta sẽ tự dãn ra trước khi các thiên hà có thể hình thành và – một lần nữa – sự sống như chúng ta biết sẽ là không thể.

Vậy chúng ta có thể làm gì với những sự trùng hợp ngẫu nhiên này? May mắn ở trong dạng thức chính xác và bản chất của quy luật vật lí cơ bản là một loại may mắn khác với cái may mắn chúng ta tìm thấy trong các yếu tố thuộc về môi trường. Nó không dễ gì giải thích, và có những hàm ý vật lí và triết lí sâu xa. Vũ trụ của chúng ta và những định luật của nó dường như có một thiết kế vừa vặn thích hợp để hậu thuẫn cho sự sống và, nếu như chúng ta tồn tại, vừa để lại ít chỗ cho sự biến đổi. Điều đó không dễ gì giải thích, và làm phát sinh câu hỏi tự nhiên là tại sao lại như vậy.

Nhiều người muốn chúng ta sử dụng những sự trùng hợp ngẫu nhiên này làm bằng chứng cho sự làm việc của Chúa. Quan niệm rằng vũ trụ được thiết kế để cung cấp chỗ ở cho nhân loại xuất hiện trong thần học và thần thoại từ hàng nghìn năm về trước cho đến hiện nay. Trong truyền thuyết Popol Vuh của người Maya, các vị thần tuyên bố rằng, "Chúng ta sẽ không nhận tiếng tăm hay danh vọng từ tất cả những cái chúng ta đã sáng tạo và hình thành cho đến khi loài người tồn tại, được phú cho tri giác". Một văn tự Ai Cập cổ có niên đại 2000 năm trước Công nguyên phát biểu như sau, "Loài người, gia súc của Chúa, đã được chu cấp tốt. Ngài [thần mặt trời] tạo ra bầu trời và quả

đất vì lợi ích của chúng”. Ở Trung Hoa, nhà triết học Đạo giáo Lieh Yu-K’ou (khoảng năm 400 tCN) thể hiện quan điểm qua một nhân vật trong câu chuyện phát biểu, “Thiên đình tạo ra năm loại hạt để gieo trồng, và sinh ra những tộc người... , đặc biệt cho lợi ích của chúng ta”.

Trong văn hóa phương tây, Kinh Cựu ước ẩn chứa quan điểm về sự thiết kế may mắn trong câu chuyện sáng thế của nó, nhưng quan niệm Cơ đốc giáo truyền thống còn bị ảnh hưởng lớn bởi Aristotle, người tin vào “một thế giới tự nhiên thông minh hoạt động theo một thiết kế có cân nhắc nào đó”. Nhà thần học Thiên chúa thời trung cổ Thomas Aquinas đã sử dụng những quan niệm của Aristotle về trật tự trong tự nhiên để biện hộ cho sự tồn tại của Chúa. Vào thế kỉ 18, một nhà thần học Thiên chúa khác đã đi xa tới chỗ phát biểu rằng loài thỏ có đuôi màu trắng để chúng ta dễ bắn chúng. Một minh họa hiện đại hơn của quan niệm Thiên chúa giáo được nêu ra vài năm trước đây khi Cardino Christoph Schonborn, đức tổng giám mục Vienna, viết rằng, “Hiện nay, vào đầu thế kỉ 21, đối mặt trước những khẳng định khoa học như học thuyết Darwin và giả thuyết đa vũ trụ [nhiều vũ trụ] trong vũ trụ học được phát minh ra để tránh né bằng chứng tràn ngập cho mục đích và thiết kế tìm thấy trong khoa học hiện đại, Giáo hội Thiên chúa một lần nữa sẽ bảo vệ bản chất con người với việc tuyên bố rằng sự thiết kế vạn vật trong tự nhiên là có thật”. Trong vũ trụ học, bằng chứng tràn ngập cho mục đích và thiết kế mà đức tổng giám mục đang nói tới là sự điều chỉnh tinh vi của quy luật vật lí mà chúng ta mô tả ở trên.

Điểm bước ngoặc trong sự bác bỏ khoa học của vũ trụ nhân tâm là mô hình Copernicus của hệ mặt trời, trong đó trái đất không còn giữ vai trò trung tâm nữa. Trớ trêu thay, thế giới quan riêng của Copernicus là mang tính nhân dạng, mặc dù ông an ủi chúng ta với việc trình bày rằng, bất chấp mô hình nhật tâm của ông, trái đất *h*ầ *u nh*ư vẫn nằm tại trung tâm của vũ trụ. “Mặc dù [trái đất] không nằm tại trung tâm của thế giới, tuy nhiên khoảng cách [đến tâm đó] không là gì cả, đặc biệt khi so với khoảng cách đến những ngôi sao cố định”.

Với sự phát minh ra kính thiên văn, những quan sát trong thế kỉ 17, như thực tế hành tinh của chúng ta không phải là hành tinh duy nhất có vệ tinh, đã tăng thêm sức nặng cho nguyên lí rằng chúng ta không giữ vai trò đặc quyền đặc lợi trong vũ trụ. Trong những thế kỉ tiếp sau đó, chúng ta càng khám phá

thêm nhiều điều về vũ trụ, thì hành tinh của chúng ta càng trông như một sân vườn nhỏ mà thôi. Nhưng sự khám phá tương đối gần đây của sự điều chỉnh cực kì tinh vi của các định luật của tự nhiên ít nhất có thể dẫn một số người trong chúng ta trở lại với quan niệm cũ rằng bản thiết kế vĩ đại này là tác phẩm của một nhà thiết kế vĩ đại nào đó. Ở nước Mĩ, do Hiến pháp cấm giảng dạy tôn giáo trong nhà trường, nên loại quan niệm đó được gọi là thiết kế thông minh, với sự ngầm hiểu không nói thành lời rằng nhà thiết kế đó là Chúa.

Đó không phải là câu trả lời của khoa học hiện đại. Chúng ta đã thấy trong chương 5 rằng vũ trụ của chúng ta dường như là một trong nhiều vũ trụ, mỗi vũ trụ có những định luật khác nhau. Ý tưởng đa vũ trụ không phải là một quan niệm được phát minh ra để lí giải sự mầu nhiệm của sự điều chỉnh tinh vi.

Nó là một hệ quả của điều kiện không biên giới cũng như nhiều lí thuyết khác của vũ trụ học hiện đại. Nhưng nếu đúng như vậy, thì nguyên lí nhân sinh mạnh có thể xem xét hiệu quả tương đương với nguyên lí nhân sinh yếu, đưa sự điều chỉnh tinh vi của quy luật vật lí vào cùng một bệ đỡ như các yếu tố thuộc về môi trường, để cho có nghĩa là ngôi nhà vũ trụ của chúng ta – nay là toàn bộ vũ trụ quan sát thấy – chỉ là một trong nhiều vũ trụ, giống hệt như hệ mặt trời chỉ là một trong nhiều hệ mặt trời. Điều đó có nghĩa là theo kiểu giống như những sự trùng hợp ngẫu nhiên thuộc về môi trường của hệ mặt trời của chúng ta được cho là không đáng chú ý bởi sự nhận thức rằng có tồn tại hàng tỉ hệ như thế, sự điều chỉnh tinh vi trong các định luật của tự nhiên có thể giải thích bằng sự tồn tại của đa vũ trụ. Nhiều người qua các thời đại đã gán cho Chúa cái đẹp và cái phức tạp của tự nhiên mà trong thời đại của họ dường như chẳng có lời giải thích khoa học nào. Nhưng giống như Darwin và Wallace giải thích làm thế nào sự thiết kế rõ ràng kì diệu của các dạng sống có thể xuất hiện mà không có sự can thiệp của một thế lực siêu nhiên, khái niệm đa vũ trụ có thể giải thích sự điều chỉnh tinh vi của quy luật vật lí mà không cần một đấng sáng thế nhân đức đã tạo ra vũ trụ vì lợi ích của chúng ta.

Einstein từng đặt ra câu hỏi sau đây với người trợ lí Ernst Straus, “Chúa có bất kì sự chọn lựa nào không khi ngài sáng tạo ra vũ trụ?” Vào cuối thế kỉ thứ 16, Kepler đã bị thuyết phục rằng Chúa đã sáng tạo ra vũ trụ theo một số

nguyên lí toán học hoàn hảo nào đó. Newton chứng tỏ rằng những định luật áp dụng được trên trời cũng áp dụng được trên mặt đất, và đã phát triển những phương trình toán học để biểu diễn những định luật đó quá đẹp đến mức chúng đã truyền cảm hứng như một thứ đức tin tôn giáo trong số nhiều nhà khoa học thế kỉ 18, họ dường như định sử dụng chúng để chứng minh rằng Chúa là một nhà toán học.

Kể từ thời Newton, và đặc biệt kể từ thời Einstein, mục tiêu của vật lí học là đi tìm những nguyên lí toán học đơn giản thuộc loại Kepler đã hình dung ra, và với chúng tạo ra một lí thuyết thống nhất của mọi thứ sẽ giải thích từng chi tiết của vật chất và các lực mà chúng ta quan sát thấy trong tự nhiên. Vào cuối thế kỉ 19 và đầu thế kỉ 20, Maxwell và Einstein đã thống nhất các lí thuyết điện học, từ học, và ánh sáng. Vào thập niên 1970, mô hình chuẩn ra đời, một lí thuyết của lực hạt nhân mạnh và lực hạt nhân yếu, và lực điện từ. Sau đó, lí thuyết dây và lí thuyết M ra đời trong một nỗ lực nhằm bao gộp cả lực còn lại, lực hấp dẫn. Mục tiêu là không chỉ đi tìm một lí thuyết đơn nhất giải thích tất cả các lực mà còn là một lí thuyết giải thích những con số cơ bản mà chúng ta đã và đang nói tới, thí dụ như độ lớn của các lực và khối lượng và điện tích của các hạt sơ cấp. Như Einstein trình bày, hi vọng người ta có thể nói rằng "tự nhiên được cấu trúc đến mức có thể hợp lí để đặt ra những định luật xác định chặt chẽ đến mức bên trong những định luật này chỉ những hằng số hoàn toàn xác định mới xuất hiện (không phải hằng số, do đó, có giá trị số có thể thay đổi mà không phá hỏng lí thuyết)". Một lí thuyết độc nhất sẽ không có khả năng có sự điều chỉnh tinh vi cho phép chúng ta tồn tại. Nhưng nếu trong ánh sáng của những tiến bộ gần đây, chúng ta hiểu giấc mơ của Einstein là một giấc mơ về một lí thuyết thống nhất giải thích vũ trụ này và những vũ trụ khác, với toàn bộ phổ của những định luật khác nhau của chúng, thì lí thuyết M có thể là lí thuyết đó. Nhưng lí thuyết M có phải là độc nhất, hay nó được yêu cầu bởi một nguyên lí lôgic đơn giản nào đó? Chúng ta có thể trả lời câu hỏi đó hay không, tạ i sao lạ *i là lí thuyế t M*?



8 – Bản Thiết kế vĩ đại

Trong tập sách này, chúng ta đã mô tả làm thế nào sự đều đặn trong chuyển động của những thiên thể như mặt trời, mặt trăng, và các hành tinh cho thấy chúng bị chi phối bởi những quy luật nhất định, chứ không phải do sự tùy hứng bất chợt và tính đồng bóng của các vị thần và ma quỷ. Ban đầu, sự tồn tại của những quy luật như thế chỉ hiển hiện rõ ràng trong thiên văn học (hay chiêm tinh học, lĩnh vực nghiên cứu na ná như vậy).

Hành trạng của vạn vật trên trái đất là quá phức tạp và chịu nhiều tác động, nên những nền văn minh sơ khai không có khả năng nhận thức rõ bất kì khuôn mẫu hay quy luật nào chi phối những hiện tượng này. Tuy nhiên, dần dần những định luật mới đã được khám phá ra trong những lĩnh vực khác ngoài thiên văn học, và điều này dẫn tới quan niệm quyết định luận khoa học: Phải có một tập hợp đầy đủ những định luật mà, cho trước trạng thái của vũ trụ tại một thời điểm nhất định, sẽ có thể chỉ rõ vũ trụ phát triển như thế nào từ thời điểm đó về sau. Những định luật này phải đúng ở mọi nơi và mọi lúc; nếu không chúng sẽ không phải là những định luật. Không có ngoại lệ hay phép màu nào hết. Thần thánh và ma quỷ không thể can thiệp vào sự hoạt động của vũ trụ.

Vào lúc thuyết quyết định luận khoa học lần đầu tiên được đề xuất, các định luật Newton về chuyển động và sự hấp dẫn là những định luật duy nhất được biết tới. Chúng ta đã mô tả Einstein đã mở rộng những định luật này như thế nào trong thuyết tương đối tổng quát của ông, và những định luật khác chi phối những mặt khác của vũ trụ đã được khám phá ra như thế nào.

Các định luật của tự nhiên cho ta biết vũ trụ hành xử *như thế nào*, chứ chúng không trả lời những câu hỏi *tạ i sao*? mà chúng ta đã nêu ra lúc mở đầu tập sách này:

Tạ i sao lạ i có vạ n vậ t, chứ không phả i hư vô cả ?

Tạ i sao chúng ta tồ n tạ i?

Tạ i sao lạ i là tậ p hợ p nhữ ng đị nh luậ t đặ c biệ t này mà không là mộ t tậ p hợ p nào khác?

Một số người sẽ khẳng định câu trả lời cho những câu hỏi này là có một vị thần đã chọn sáng tạo ra vũ trụ theo kiểu như thế. Thật hợp lí nếu hỏi ai hay cái gì đã sáng tạo ra vũ trụ, nhưng nếu câu trả lời là Chúa, thì câu hỏi trên sẽ chuyển hướng sang hỏi ai đã tạo ra Chúa? Theo quan điểm này, người ta chấp nhận một số thực thể tồn tại mà không cần đấng sáng tạo, và thực thể đó được gọi là Chúa. Đây là lập luận nguyên nhân số một cho sự tồn tại của Chúa. Tuy nhiên, chúng ta khẳng định có thể trả lời thuần túy những câu hỏi này trong địa hạt khoa học, mà không cần viện đến bất kì thế lực thần thánh nào.

Theo quan điểm của thuyết duy thực phụ thuộc mô hình đã giới thiệu trong chương 3, não của chúng ta hiểu *input* (cái thu nhận) từ các cơ quan cảm giác của chúng ta bằng cách tạo dựng một mô hình của thế giới bên ngoài.

Chúng ta tạo ra những khái niệm trong não của ngôi nhà, cây cối, những người khác, dòng điện chạy ra từ ổ cắm trên tường, các nguyên tử, phân tử, và những vũ trụ khác. Những khái niệm trí não này là thực tại duy nhất mà chúng ta biết.

Không có phép kiểm tra độc lập mô hình nào của thực tại. Một mô hình được xây dựng tốt tạo ra một thực tại của riêng nó. Một thí dụ giúp chúng ta nghĩ về những vấn đề thực tại và sự sáng thế là Trò chơi Cuộc sống, phát minh ra vào năm 1970 bởi một nhà toán học trẻ tại Cambridge tên là John Conway.

Từ “trò chơi” trong Trò chơi Cuộc sống là một tên gọi sai lạc. Không có người thắng và kẻ thua cuộc; thật ra, không có người chơi nào hết. Trò chơi Cuộc sống thật sự không phải là một trò chơi, mà là một tập hợp những định luật chi phối một vũ trụ hai chiều. Nó là một vũ trụ quyết định luận: Một khi bạn xác lập cấu hình ban đầu, hay điều kiện ban đầu, các định luật xác định cái xảy ra trong tương lai.

Thế giới mà Conway hình dung ra là một ma trận vuông, giống như một bàn cờ, nhưng trải rộng vô hạn về mọi phía. Mỗi ô vuông có thể ở một trong hai trạng thái: sống (thể hiện màu xanh) hay chết (thể hiện màu đen). Mỗi ô vuông có tám ô láng giềng: trên, dưới, trái, phải, và bốn ô theo đường chéo. Thời gian trong thế giới này không liên tục mà chuyển về phía trước theo những bước rời rạc. Cho trước bất kì sự sắp xếp nào của những ô chết và ô sống, số lượng ô láng giềng sống quyết định cái xảy ra tiếp sau đó theo những

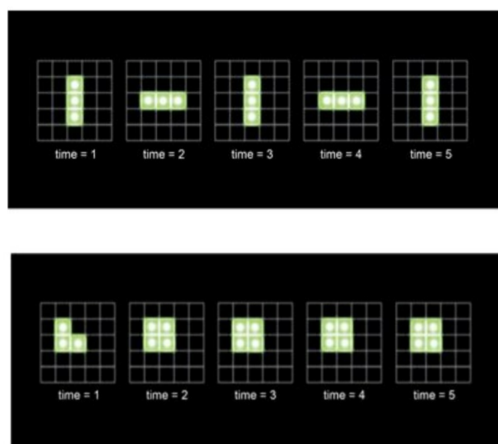
quy luật sau đây:

1. Một ô sống với hai hoặc ba láng giềng sống còn lại (sống sót).

2. Một ô chết với chính xác ba láng giềng sống trở thành một tế bào sống (ra đời).

3. Trong mọi trường hợp khác, một ô chết hoặc tiếp tục chết. Trong trường hợp một ô sống không có hoặc có một láng giềng, ta nói nó chết cô đơn; nếu có nhiều hơn ba láng giềng, ta nói nó chết hân hoan.

Đó là toàn bộ luật chơi: Cho biết bất kì điều kiện ban đầu nào, những quy luật này tạo ra thế hệ này đến thế hệ khác. Một ô đang sống cô lập hoặc hai ô sống liền kề chết trong thế hệ tiếp theo vì chúng không có đủ láng giềng. Ba ô sống nằm trên một đường chéo thì sống lâu hơn một chút. Sau bước thời gian thứ nhất, những ô cuối chết hết, chỉ để lại những ô ở giữa, những ô này chết trong thế hệ sau đó. Mọi đường chéo của những hình vuông đều "bay hơi" theo kiểu này. Nhưng nếu ba ô sống nằm ngang trong một hàng, một lần nữa ô chính giữa có hai láng giềng và sống sót, còn hai ô hai đầu thì chết, nhưng trong trường hợp này các ô ngay bên trên và bên dưới ô chính giữa lại ra đời. Vì thế, hàng đã chuyển thành cột. Tương tự, thế hệ tiếp theo là cột trở lại thành hàng, và cứ thế. Những cấu hình dao động như thế được gọi là đèn tín hiệu.



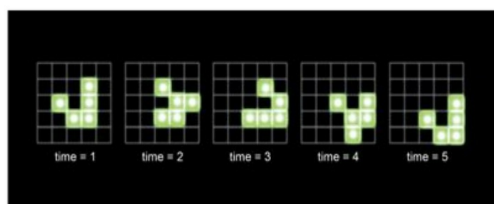
Đèn tín hiệu. Đèn tín hiệu là một loại đơn giản của đối tượng phức hợp trong Trò chơi Cuộc sống.

Nếu ba ô sống nằm theo hình chữ L, thì một hành trạng mới xảy ra.

Trong thế hệ tiếp theo, ô vuông cắt bởi chữ L sẽ ra đời, dẫn tới một khối 2 × 2.

Khối đó thuộc về một dạng kiểu hình gọi là sống thọ vì nó sẽ đi từ thế hệ này sang thế khác mà không bị biến đổi. Nhiều loại kiểu hình tồn tại có hình dạng thay đổi trong những thế hệ đầu nhưng sớm chuyển thành dạng sống thọ, hay chết thọ, hay trở về dạng ban đầu của chúng và sau đó lặp lại quá trình.

Sự diễn tiến sang sống thọ. Một số đối tượng phức hợp trong Trò chơi Cuộc sống phát triển thành một dạng mà các quy tắc yêu cầu sẽ không bao giờ thay đổi.



Còn có những kiểu gọi là tàu lượn, chúng biến đổi thành hình dạng khác và, sau một vài thế hệ, trở về hình dạng ban đầu của chúng, nhưng ở vị trí tụt xuống một ô vuông theo đường chéo. Nếu bạn quan sát những hình dạng này phát triển theo thời gian, chúng có vẻ như bò trườn trên ma trận. Khi những tàu lượn này va vào nhau, thì có thể xảy ra những hành trạng hiếu kì, phụ thuộc vào mỗi hình dạng của tàu lượn tại thời điểm va chạm.

Tàu lượn. Tàu lượn thay đổi qua những hình dạng trung gian này, sau đó trở lại dạng ban đầu chúng, dịch xuống một ô theo đường chéo.

Cái làm cho vũ trụ này hấp dẫn là mặc dù “vật lí học” cơ bản của vũ trụ này là đơn giản, nhưng “hóa học” có thể phức tạp. Nghĩa là những đối tượng phức tồn tại ở những thang bậc khác nhau. Ở thang bậc nhỏ nhất, vật lí học cơ bản cho chúng ta biết rằng chỉ có những ô sống và chết. Ở một thang bậc lớn hơn, có tàu lượn, đèn tín hiệu giao thông, và những khối sống thọ. Ở một thang bậc lớn hơn nữa, còn có những đối tượng phức tạp hơn, thí dụ như súng tàu lượn” những hình ảnh đứng yên tuần tự sinh ra những tàu lượn mới để lại cái tổ và giáng bậc xuống theo đường chéo.

Nếu bạn quan sát vũ trụ Trò chơi Cuộc sống trong một thời gian ở một thang bậc bất kì nào đó, bạn có thể suy luận ra những quy luật chi phối những vật

thể ở thang bậc đó. Thí dụ, ở thang bậc của những vật chỉ vài ô vuông bề ngang, bạn có thể có những quy luật như “Các khối không bao giờ di chuyển” , “Tàu lượn đi theo đường chéo” , và những quy luật đa dạng cho cái xảy ra khi các vật va chạm nhau. Bạn có thể xây dựng một nền vật lí hoàn chỉnh trên bất kì cấp độ nào của những đối tượng phức. Những quy luật đó sẽ đưa đến thực thể và khái niệm không có trong những quy luật ban đầu. Thí dụ, không có các khái niệm như “va chạm” hay “chuyển động” trong những quy luật ban đầu. Những quy luật đó chỉ đơn thuần mô tả sự sống và chết của từng ô vuông đứng yên.

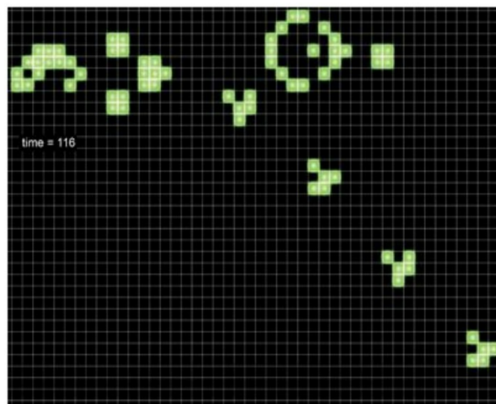
Như trong vũ trụ của chúng ta, trong Trò chơi Cuộc sống, thực tại của bạn phụ thuộc vào mô hình bạn sử dụng.



Sắp xếp ban đầu của Súng tàu lượn. Súng tàu lượn lớn chừng bằng 10 lần tàu lượn.

Conway và học trò của ông đã sáng tạo ra thế giới này vì họ muốn một vũ trụ với những quy tắc cơ bản đơn giản như vũ trụ họ định nghĩa có thể chứa những đối tượng đủ phức tạp để tái tạo hay không. Trong thế giới Trò chơi Cuộc sống, có tồn tại những đối tượng phức, mà sau khi đơn thuần tuân theo những quy tắc của thế giới đó trong vài thế hệ, sẽ sinh ra những đối tượng khác thuộc loại của chúng hay không? Conway và học trò của ông không những chứng minh rằng điều này là có thể, mà họ còn chứng minh rằng một đối tượng như thế, theo một ý nghĩa nào đó, sẽ là thông minh! Nói cho chính xác thì họ đã chứng minh rằng những khối kết lớn gồm các ô vuông tự sao chép là “những cỗ máy Turing vạn vật”. Đối với những mục đích của chúng ta, điều đó có nghĩa là đối với mọi phép tính mà một máy vi tính trong thế giới vật chất của chúng ta trên nguyên tắc có thể thực hiện, nếu cỗ máy trên

được cung cấp input thích hợp – nghĩa là, được cung cấp môi trường thế giới Trò chơi Cuộc sống thích hợp – thì một vài thế hệ sau, cỗ máy sẽ ở trong trạng thái từ đó một output có thể đọc ra tương ứng với kết quả của phép tính vi tính đó.



Súng tàu lượn sau 116 thế hệ. Theo thời gian, súng tàu lượn thay đổi hình dạng, phát ra một tàu lượn, rồi sau đó trở lại hình dạng và vị trí ban đầu của nó. Quá trình cứ thế lặp lại vô hạn.

Để thưởng thức chút hương vị thế giới đó hoạt động như thế nào, hãy xét cái xảy ra khi các tàu lượn được bắn ra ở dạng khối gồm những ô vuông sống 2 × 2 đơn giản. Nếu các tàu lượn đó đi tới theo hướng thích hợp, thì khối kết đó, đã đứng yên, sẽ di chuyển đến gần hoặc ra xa nguồn tàu lượn. Theo kiểu này, khối kết đó có thể mô phỏng một bộ nhớ máy tính. Thật vậy, toàn bộ những hàm cơ bản của một máy vi tính hiện đại, như cổng AND và cổng OR, cũng có thể tạo ra từ các tàu lượn. Như vậy, giống hệt như tín hiệu điện được sử dụng trong máy vi tính vật chất, các dòng tàu lượn có thể dùng để gửi và xử lí thông tin.

Trong Trò chơi Cuộc sống, giống như trong thế giới của chúng ta, những khuôn mẫu tự tái tạo là những đối tượng phức tạp. Một ước tính, dựa trên nghiên cứu trước đây của nhà toán học John von Neumann, đặt ra kích cỡ tối thiểu của một khuôn mẫu tự tái tạo trong Trò chơi Cuộc sống là mười nghìn tỉ ô vuông – đại khái bằng số phân tử có trong một tế bào ở người.

Người ta có thể định nghĩa sinh vật sống là những hệ phức tạp có kích cỡ hạn chế, bền và tự tái tạo chúng. Những đối tượng mô tả ở trên thỏa mãn điều kiện tái tạo nhưng có khả năng không bền: Một nhiễu loạn nhỏ từ bên ngoài

có khả năng sẽ phá hỏng cơ chế tinh vi trên. Tuy nhiên, người ta dễ tưởng tượng rằng những quy luật hơi phức tạp hơn một chút sẽ cho phép những hệ phức tạp với tất cả những thuộc tính của sự sống. Hãy tưởng tượng một thực thể thuộc loại đó, một vật thể trong thế giới kiểu Conway. Một vật thể như thế sẽ phản ứng với kích thích môi trường, và vì thế có vẻ đưa ra quyết định. Sự sống như thế liệu có sự nhận thức về bản thân nó hay không? Nó có ý thức hay không?

Đây là một câu hỏi mà các ý kiến chia rẽ sâu sắc. Một số người khẳng định sự tự nhận thức là cái gì đó thuộc riêng về con người. Nó mang lại cho họ sự ý thức, khả năng chọn lựa giữa những cách hành động khác nhau.

Làm thế nào người ta nói được một sinh vật là có ý thức hay không? Nếu chạm trán một người ngoài hành tinh, làm thế nào người ta nói được nó chỉ là một con rô bôt hay nó có một trí tuệ của riêng nó? Hành vi của một con rô bôt sẽ là hoàn toàn xác định, không giống với hành vi của một sinh vật có ý thức.

Vì thế, trên nguyên tắc, người ta có thể phát hiện ra con rô bôt là một sinh vật có những hành động có thể dự đoán được. Như chúng ta đã nói trong chương 2, công việc này có thể hết sức khó khăn nếu như sinh vật đó có kích cỡ lớn và phức tạp. Chúng ta thậm chí không thể giải chính xác các phương trình cho ba hoặc nhiều hạt đang tương tác với nhau. Vì một sinh vật ngoài hành tinh cỡ bằng con người sẽ chứa một nghìn nghìn tỉ nghìn tỉ hạt, cho dù sinh vật đó là rô bôt, nên sẽ không thể giải các phương trình và dự đoán nó sẽ làm gì. Vì thế, chúng ta phải nói rằng mọi sinh vật phức tạp là có ý thức – đó không phải là một đặc trưng cơ bản, mà là một lí thuyết tác dụng, một sự thừa nhận sự bất lực của chúng ta không tính nối những phép tính sẽ cho phép chúng ta dự đoán những hành động của nó.

Thí dụ Trò chơi Cuộc sống của Conway cho thấy ngay cả một tập hợp định luật rất đơn giản cũng có thể mang lại những đặc điểm phức tạp tương tự như những đặc điểm của sự sống thông minh. Phải có nhiều tập hợp định luật với tính chất này. Cái gì tạo ra những định luật cơ bản (trái với định luật biểu kiến) chi phối vũ trụ của chúng ta? Như trong vũ trụ của Conway, các định luật của vũ trụ của chúng ta xác định sự phát triển của hệ, cho trước trạng thái tại một thời điểm bất kì. Trong thế giới của Conway, chúng ta là đấng sáng

tạo – ta chọn trạng thái ban đầu của vũ trụ bằng cách chỉ rõ các đối tượng và vị trí của chúng tại lúc bắt đầu trò chơi.

Trong một vũ trụ vật chất, đối tác của những đối tượng như tàu lượn trong Trò chơi Cuộc sống là những thực thể vật chất cô lập. Bất kì tập hợp định luật nào mô tả một thế giới liên tục như thế giới của chúng ta sẽ có một khái niệm năng lượng, đó là một đại lượng được bảo toàn, nghĩa là nó không thay đổi theo thời gian. Năng lượng của không gian trống rỗng sẽ là một hằng số, độc lập với thời gian lẫn vị trí. Người ta có thể trừ ra năng lượng chân không hằng số này bằng cách đo năng lượng của bất kì thể tích không gian nào so với năng lượng của thể tích không gian trống rỗng bằng như vậy, nên chúng ta có thể gọi là hằng số zero. Một yêu cầu mà bất kì định luật nào của tự nhiên phải thỏa mãn là nó đòi hỏi năng lượng của một vật cô lập bao quanh bởi không gian trống rỗng là dương, nghĩa là người ta phải thực hiện công để xây dựng vật đó.

Đó là vì nếu năng lượng của một vật cô lập là âm, thì nó có thể được tạo ra trong một trạng thái chuyển động sao cho năng lượng âm của nó cân bằng chính xác với năng lượng dương do chuyển động của nó. Nếu đúng như thế, thì sẽ không có lí do gì để các vật không thể xuất hiện ở bất kì nơi nào và ở mọi nơi.

Do đó, không gian trống rỗng sẽ là không bền. Nhưng nếu phải tiêu tốn năng lượng để tạo ra một vật cô lập, thì sự mất cân bằng như thế không thể xảy ra, vì như chúng ta đã nói, năng lượng của vũ trụ phải giữ nguyên không đổi. Đó là cái làm cho vũ trụ bền trên phương diện địa phương – làm cho các vật không xuất hiện ở mọi nơi từ hư vô.

Nếu tổng năng lượng của vũ trụ phải luôn luôn giữ nguyên bằng không, và phải tiêu hao năng lượng để tạo ra một vật, vậy thì làm thế nào toàn bộ vũ trụ được tạo ra từ hư vô? Đó là lí do tại sao phải có một định luật như sự hấp dẫn.

Vì hấp dẫn là lực hút, nên năng lượng hấp dẫn là âm: Người ta phải thực hiện công để chia tách một hệ liên kết bằng sự hấp dẫn, thí dụ như trái đất và mặt trăng. Năng lượng âm này có thể cân bằng với năng lượng dương cần thiết để tạo ra vật chất, nhưng không hẳn là đơn giản như vậy. Năng lượng hấp dẫn

âm của tác dụng, chẳng hạn, nhỏ bằng một phần tỉ của năng lượng dương của những hạt vật chất cấu tạo nên trái đất. Một vật như một ngôi sao sẽ có năng lượng hấp dẫn âm lớn hơn và nó càng nhỏ (những bộ phận khác nhau của nó càng gần nhau) , thì năng lượng hấp dẫn âm này sẽ càng lớn. Nhưng trước khi nó có thể trở nên lớn hơn năng lượng dương của vật chất, thì ngôi sao sẽ co lại thành một lỗ đen, và các lỗ đen thì có năng lượng dương. Đó là nguyên do không gian trống rỗng là bền. Những vật thể như ngôi sao hay lỗ đen không thể hiện ra từ hư vô. Nhưng một vũ trụ tổng thể thì có thể.

Vì sự hấp dẫn định hình không gian và thời gian, nên nó cho phép không-

thời gian là bền cục bộ nhưng không bền trên quy mô tổng thể. Trên thang bậc toàn vũ trụ, năng lượng dương của vật chất *có th*ể cân bằng bởi năng lượng hấp dẫn âm, và vì thế không có sự ràng buộc nào lên sự ra đời của tổng thể vũ trụ.

Vì có một định luật như sự hấp dẫn, nên vũ trụ sẽ có thể và tự tạo ra từ hư vô theo kiểu đã mô tả ở chương 6. Sự ra đời tự phát là nguyên do có cái gì đó chứ không phải không có gì, tại sao vũ trụ tồn tại, tại sao chúng ta tồn tại. Không nhất thiết viện dẫn Chúa để đưa vũ trụ đi vào hoạt động.

Tại sao những định luật cơ bản lại giống như chúng ta đã mô tả chúng?

Một lí thuyết tối hậu phải phù hợp và phải dự đoán những kết quả hữu hạn cho những đại lượng chúng ta có thể đo được. Ta đã thấy rằng phải có một định luật như sự hấp dẫn, và ta đã thấy trong chương 5 rằng để cho một lí thuyết của sự hấp dẫn tiên đoán những đại lượng hữu hạn, thì lí thuyết đó phải có cái gọi là siêu đối xứng giữa các lực của tự nhiên và vật chất mà chúng tác dụng. Lí thuyết M là lí thuyết siêu đối xứng khái quát nhất của sự hấp dẫn. Vì những lí do này, lí thuyết M là ứng cử viên *duy nh*ấ *t* cho một lí thuyết hoàn chỉnh của vũ trụ. Nếu nó là hữu hạn – và điều này cho đến nay chưa được chứng minh – thì nó sẽ là một mô hình của vũ trụ tạo ra chính nó. Chúng ta phải là một bộ phận của vũ trụ này, vì không có mô hình thích hợp nào khác nữa.

Lí thuyết M là lí thuyết thống nhất mà Einstein hi vọng đi tìm. Thực tế loài người chúng ta – bản thân chúng ta là tập hợp những hạt sơ cấp của vũ trụ -

có thể đi tới hiểu rõ những định luật chi phối chúng ta và vũ trụ của chúng ta là một sự thành công to lớn. Nhưng có lẽ điều thật sự kì diệu là những xét đoán lôgic trừu tượng đã dẫn tới một lí thuyết thống nhất dự đoán và mô tả một vũ trụ mênh mông chứa đầy những đa dạng bất ngờ mà chúng ta thấy. Nếu lí thuyết trên được quan sát xác nhận, thì nó sẽ là câu kết luận thành công của một cuộc tìm kiếm đã kéo dài hơn 3000 năm qua. Chúng ta sẽ tìm ra mẫu thiết kế vĩ đại ấy.

Chú giải

Baryon • một loại hạt sơ cấp, như proton hoặc neutron, cấu tạo gồm ba quark.

Biên độ xác suất • trong lí thuyết lượng tử, một con số phức có giá trị tuyệt đối bình phương cho biết xác suất.

Big Bang • sự khởi đầu đậm đặc, nóng bỏng của vũ trụ. Lí thuyết Big Bang cho rằng khoảng 13,7 tỉ năm về trước, một phần của vũ trụ mà chúng ta có thể thấy ngày nay có bề ngang chỉ vài mili mét. Ngày nay, vũ trụ rộng lớn hơn và lạnh lẽo hơn rất nhiều, nhưng chúng ta có thể quan sát tàn dư của thời kì sơ khai đó trong bức xạ nền vi sóng vũ trụ thấm đẫm toàn bộ không gian.

Boson • một hạt sơ cấp mang lực.

Các định luật biểu kiến • các định luật của tự nhiên mà chúng ta quan sát thấy trong vũ trụ của chúng ta – các định luật của bốn lực và các thông số như khối lượng và điện tích đặc trưng cho hạt sơ cấp – trái với các định luật cơ bản hơn của lí thuyết M cho phép những vũ trụ khác nhau với những định luật khác nhau.

Chuẩn hóa lại • một kĩ thuật toán học tạo nên ý nghĩa của những vô hạn phát sinh trong các lí thuyết lượng tử.

Đa vũ trụ • một tập hợp vũ trụ.

Điểm kì dị • một điểm trong không-thời gian tại đó một đại lượng vật lí trở nên vô hạn.

Điều kiện không biên giới • yêu cầu rằng những lịch sử của vũ trụ là những mặt khép kín không có ranh giới.

Electron • một hạt vật chất sơ cấp có điện tích âm và là nguyên nhân gây ra tính chất hóa học của các nguyên tố.

Fermion • một hạt sơ cấp loại vật chất.

Hằng số vũ trụ học • một tham số trong các phương trình Einstein mang lại

cho không-thời gian một khuynh hướng dãn nở cố hữu.

Không-thời gian • một không gian toán học có các điểm được đặc trưng bởi các tọa độ không gian lẫn thời gian.

Lí thuyết dây • một lí thuyết vật lí trong đó các hạt được mô tả dưới những hình ảnh dao động có chiều dài nhưng không có chiều cao hoặc chiều rộng –

giống như những sợi dây mỏng, vô hạn.

Lí thuyết M • một lí thuyết vật lí cơ bản là một ứng cử viên cho lí thuyết của tất cả.

Lỗ đen • một vùng không-thời gian, do lực hấp dẫn hết sức lớn của nó, tách biệt khỏi phần còn lại của vũ trụ.

Lực điện từ • lực mạnh thứ hai trong bốn lực của tự nhiên. Nó tác dụng giữa những hạt mang điện.

Lực hạt nhân mạnh • lực mạnh nhất trong bốn lực của tự nhiên. Lực này giữ các proton và neutron bên trong hạt nhân của nguyên tử. Nó cũng giữ bản thân các proton và neutron, cái cần thiết vì chúng vẫn được cấu tạo từ những hạt nhỏ bé hơn, đó là các quark.

Lực hạt nhân yếu • một trong bốn lực của tự nhiên. Lực yếu là nguyên nhân gây ra sự phóng xạ và giữ vai trò thiết yếu trong sự hình thành của các nguyên tố trong các ngôi sao và vũ trụ sơ khai.

Lực hấp dẫn • lực yếu nhất trong bốn lực của tự nhiên. Nó là phương tiện mà nhờ đó các vật có khối lượng hút lẫn nhau.

Meson • một loại hạt sơ cấp cấu tạo gồm một quark và một phản quark.

Neutrino • một hạt sơ cấp cực kì nhẹ chỉ bị ảnh hưởng bởi lực hạt nhân yếu và lực hấp dẫn.

Neutron • một loại baryon trung hòa điện cùng với proton tạo thành hạt nhân của nguyên tử.

Những lịch sử khác • một dạng thức của thuyết lượng tử trong đó xác suất

của một quan sát bất kì được xây dựng từ mọi lịch sử khả dĩ có thể dẫn tới quan sát đó.

Nguyên lí bất định Heisenberg • một định luật của lí thuyết lượng tử phát biểu rằng những cặp tính chất vật lí nhất định không thể nào được biết đồng thời với độ chính xác tùy ý.

Nguyên lí nhân sinh • quan niệm rằng chúng ta có thể đưa ra những kết luận về những định luật vật lí biểu kiến dựa trên thực tế là chúng ta tồn tại.

Nguyên tử • đơn vị cơ bản của vật chất bình thường, gồm một hạt nhân với các proton và neutron, bao xung quanh bởi các electron quỹ đạo.

Pha • một vị trí trong chu kì của một sóng.

Phản vật chất • mỗi hạt vật chất có một phản hạt tương ứng. Nếu chúng gặp nhau, chúng hủy lẫn nhau, để lại năng lượng thuần túy.

Photon • một boson mang lực điện từ. Một hạt lượng tử của ánh sáng.

Phương pháp từ dưới lên • trong vũ trụ học, một quan niệm xây dựng trên giả định rằng có một lịch sử đơn nhất của vũ trụ, với một điểm xuất phát rõ ràng, và trạng thái của vũ trụ ngày nay là một sự phát triển của sự khởi đầu đó.

Phương pháp từ trên xuống • cách tiếp cận vũ trụ học trong đó người ta lần theo các lịch sử của vũ trụ "từ trên xuống" , nghĩa là đi ngược thời gian từ hiện tại.

Proton • một loại baryon tích điện dương cùng với neutron tạo nên hạt nhân nguyên tử.

Quark • một hạt sơ cấp có điện tích phân số chịu tương tác mạnh. Proton và neutron có cấu tạo gồm ba quark.

Siêu hấp dẫn • một lí thuyết của lực hấp dẫn của một loại đối xứng gọi là siêu đối xứng.

Siêu đối xứng • một loại đối xứng tinh tế không thể đi cùng với một phép biến đổi của không gian bình thường. Một trong những hàm ý quan trọng của

siêu đối xứng là các hạt lực và các hạt vật chất, và do đó lực và vật chất, chỉ là hai mặt của cùng một thứ.

Thiên hà • một hệ thống lớn gồm các sao, vật chất giữa các sao, và vật chất tối, liên kết với nhau bằng lực hấp dẫn.

Thuyết lượng tử • một lí thuyết trong đó các hạt không có một lịch sử rạnh ròi.

Tự do tiệm cận • một tính chất của lực mạnh làm cho nó yếu hơn ở những khoảng cách ngắn. Vì thế, mặc dù các quark được liên kết trong hạt nhân bằng lực mạnh, nhưng chúng có thể chuyển động bên trong hạt nhân cứ như thể chúng không bị lực nào tác dụng.

Vật lí cổ điển • bất kì lí thuyết vật lí nào trong đó vũ trụ được cho là có một lịch sử đơn nhất, rõ ràng.

Vụ nổ lớn • xem **Big Bang**.

Lời cảm ơn

Vũ trụ có một thiết kế, và một quyển sách cũng thế. Nhưng không giống như vũ trụ, một quyển sách không xuất hiện tự phát từ hư vô. Một quyển sách cần có những người sáng tạo ra nó, và vai trò đó không rơi hoàn toàn lên vai của những tác giả của nó. Vì thế, trước tiên và trước hết, chúng tôi muốn cảm tạ và cảm ơn các biên tập viên Beth Rashbaum và Ann Harris, vì sự kiên nhẫn gần như vô hạn của họ. Họ là học trò của chúng tôi khi chúng tôi cần học trò, là sư phụ của chúng tôi khi chúng tôi cần sư phụ, và là người khích lệ chúng tôi khi chúng tôi cần sự khích lệ. Họ mắc cạn trong mớ bản thảo, và vui vẻ biên tập, dù sự thảo luận tập trung vào nơi đặt dấu phẩy hay là không thể nhúng một mặt cong âm đối xứng trục vào một không gian phẳng. Chúng tôi cũng muốn cảm ơn Mark Hillery, người đã đọc nhiều bản thảo và cung cấp tài liệu có giá trị; Carole Lowenstein, người đã làm việc vất vả để thiết kế các trang trong; David Stevenson, người thiết kế trang bìa; và Loren Noveck, người đã tỉ mỉ dò sửa bản in của chúng tôi. Đến Peter Bollinger: cảm ơn rất nhiều vì đã mang nghệ thuật đến với khoa học trong những hình minh họa của bạn, và vì sự cần cù của bạn nhằm đảm bảo tính chính xác của từng chi tiết. Và đến Sidney Harris: Cảm ơn những hình hoạt họa tuyệt vời của bạn, và cảm ơn sự nhạy cảm lớn của bạn trước những vấn đề mà các nhà khoa học đang đối mặt. Trong một vũ trụ khác, bạn có thể là một nhà vật lí. Chúng tôi cũng cảm tạ các nhân viên Al Zuckerman và Susan Ginsburg, vì sự ủng hộ và khích lệ của họ. Nếu có hai câu nói cửa miệng của họ, thì đó là “Đã đến lúc hoàn thành tập sách rồi” , và “Đừng lo đến khi nào anh mới làm xong, trước sau gì cũng xong mà”. Họ có đủ sáng suốt để biết họ đang nói gì. Và cuối cùng, xin dành riêng sự cảm tạ cho trợ lí riêng của Stephen, Judith Croasdell; trợ lí máy tính của ông, Sam Blackburn; và Joan Godwin. Họ không chỉ ủng hộ tinh thần, mà còn ủng hộ kĩ thuật và vật chất mà nếu không có chúng, chúng tôi không thể viết tập sách này. Còn nữa, họ luôn biết những quán rượu ngon nhất nằm ở chỗ nào.

***

Tác giả Stephen Hawking là giáo sư toán học tại trường Đại học Cambridge trong ba mươi năm qua, và là người nhận vô số giải thưởng và vinh dự cao quý, trong số đó gần đây nhất có Huy chương Tự do. Những quyển sách của

ông viết cho công chúng gồm Lược sử thời gian, bộ sưu tập bài luận Lỗ đen và Vũ trụ sơ sinh, Vũ trụ trong một vỏ hạt, và Lược Lược sử thời gian.

***

Leonard Mlodinow là nhà vật lí tại Caltech là và tác giả best- seller của Bước chân người say: Sự ngẫu nhiên chi phối cuộc sống của chúng ta như thế nào; Cửa sổ Euclid: Câu chuyện hình học từ những đường song song đến siêu không gian; Cầu vồng Feynman: Đi tìm cái đẹp trong vật lí và trong cuộc sống, và Lược Lược sử thời gian. Ông còn viết cho Star Trek: Thế hệ tiếp theo. Ông sống ở Nam Pasadena, California.

*BẢN THIẾ**T K**Ế **V**Ĩ ĐẠ**I***

Stephen Hawking Leonard Mlodinow

Phát hành lần đầu tại http://thuvienvatly.com, tháng 9/2011

Bản hiệu chỉnh tháng 1/2014,123vatly.blogspot.com